DER EINFLUSS VON ARTIKULATION UND GEHÖR BEIM NACHSINGEN VON STIMMKLÄNGEN

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
DER
HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT LEIPZIG

VORGELEGT VON

FRANZ BERLAGE
AUS JEVER

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

Mit 4 Figuren im Text

Sonderabdruck aus: Wundt, Psychologische Studien, VI. Bd. 1. und 2. Heft

LEIPZIG
WILHELM ENGELMANN
1910

Angenommen von der mathematisch-naturwissenschaftlichen Sektion auf Grund der Gutachten der Herren WUNDT und SIEVERS.

Leipzig, den 8. Februar 1910.

Der Procancellar
K. ROHN

INHALTSVERZEICHNIS

I. Problemstellung 5
II. Beschreibung der Apparate 11
III. Versuchsverfahren
a) im Sommersemester 1907 12
b) im Wintersemester 1907/08 12
IV. Ausmessung der erhaltenen Kurven 21
V. Angabe und Diskussion der Ergebnisse 26

I. ABSCHNITT

Gesamtabweichung des Nachtons vom Vorton:

1. bei verschiedenen Zwischenzeiten 28
2. bei verschiedenen Lautkombinationen 39
3. bei verschiedenen Tonhöhen 52

II. ABSCHNITT

Betrachtung der nach Zehntelsekunden abgegrenzten Einzelstadien des Tonverlaufs

1. nach ihrer Ordnungszahl im Tonverlauf 58
2. theoretische Erörterung der Ergebnisse
a) die peripher erregten Gehörsempfindungen sind an der Regulierung des Stimmklangs nicht direkt beteiligt 70
b) die Regulierung erfolgt durch zentral miterregte Gehörsempfindungen und durch innere Tastempfindungen 73
c) psychische Struktur des Stimmklangs 78
d) Einfluß der Artikulationsempfindungen auf die Tonauffassung überhaupt 81
e) Abgrenzung der Folgerungen aus den eigenen Versuchen 84
3. Betrachtung der Einzelstadien nach ihrer mittleren Abweichung vom Tondurchschnitt innerhalb der einzelnen Versuchsbedingungen 87
a) Klünders Ergebnisse 87
b) Die eigenen Ergebnisse 90
c) Physiologische Erörterung: Der Muskeltetanus 94
d) Psychologische Deutung 96
e) Abhängigkeit der Schwankungen von der Tonhöhe 102

Zusammenstellung der Versuchsergebnisse 105

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546813_0052

I. Problemstellung.

Neben der in erster Linie praktisch-pädagogische Ziele verfolgenden experimentellen Untersuchung des Gedächtnisses für komplexe Vorstellungsverbindungen hat auch die experimentelle Prüfung der Reproduktion und Wiedererkennung von Empfindungen und einfachen Vorstellungen einen ihrer Bedeutung für die reine Psychologie entsprechenden Umfang angenommen, nachdem K. Wolfe 1886 im Leipziger psychologischen Laboratorium die Wiedererkennung von Tönen nach Zwischenzeiten von 1 bis 120 Sekunden experimentell geprüft hatte [1]). Wolfe wählte bei seiner Untersuchung die Methode der »richtigen und falschen Fälle«, indem er nach einer bestimmten Zwischenzeit einen dem Normalton gleichen oder um wenig Schwingungen von ihm verschiedenen Vergleichston gab und den Beobachter entscheiden ließ, ob die Töne gleich oder ungleich waren und welcher der höhere war.

Es hätte nahe gelegen, das Problem des zeitlichen Einflusses auf das »Tongedächtnis« auch nach der Herstellungsmethode zu untersuchen, besitzt jeder Beobachter doch in den Stimmwerkzeugen selber den Apparat, an welchem die Einstellung vorgenommen werden kann, indem der gegebene Ton einfach mit größtmöglicher Präzision nachgesungen wird. Wenn derartige Untersuchungen nicht in Angriff genommen wurden, so liegt das wohl hauptsächlich erstens an der zusammengesetzten, vom Ideal des einfachen Tons weit ent-

[1]) K. Wolfe, Untersuchungen über das Tongedächtnis; Wundts Philos. Studien Bd. III, S. 365 ff.

fernten Natur menschlicher Stimmklänge und in zweiter Linie vielleicht auch an der umständlichen Art der Feststellung der Höhe eines gesungenen Tons durch Abmessung und Abzählung der durch Übertragungsvorrichtungen irgendwelcher Art aufgezeichneten Schwingungen, welche die für die hier allein anwendbare Methode der mittleren Fehler erforderliche Häufung der Versuche schwierig macht.

Stellt man aber durch solche Messungen außer der Gesamthöhe des Tons auch den Wechsel in den Schwingungszahlen während der einzelnen Stadien seines Verlaufs fest, so stößt man auf andere, schon mit geringerer Versuchszahl lösbare Probleme. Adolf Klünder[1]) war der erste, der 1879 in Kiel eine Arbeit über die »Genauigkeit der Stimme« veröffentlichte. Er machte sich dabei die Beantwortung dreier Fragen zur Aufgabe, von denen zwei vorwiegend physiologischer Natur waren. Sie lauteten:

1. Werden die Stimmbänder in irgendeiner Lage fixiert durch die Gelenke oder hält sie der Muskeltetanus in labiler Spannung?

2. Wie viele Spannungsgrade des Muskeltetanus sind wir nach den Leistungen der Muskeln unseres Kehlkopfes anzunehmen berechtigt?

3. Geschieht das Regulieren des Tons direkt durch die Spannungsempfindungen des Stimmapparates oder auf dem Umweg durch das Gehör?

Klünder antwortete auf Grund seiner Versuchsergebnisse auf diese Fragen:

1. Die Stimmbänder werden durch den Muskeltetanus in labiler Spannung gehalten.

2. Die Stimmuskulatur erlaubt 40—170 verschiedene Spannungen im Tetanus.

3. Die Regulierung des gesungenen Tons geschieht direkt durch die Spannungsempfindungen im Kehlkopf. —

Die zweite Arbeit über den Verlauf von gesungenen Tönen wurde erst im Juni 1907 (als die hier mitzuteilenden Experimente schon seit Semesterfrist begonnen hatten) von dem Amerikaner Cameron veröffentlicht[2]).

---

[1]) A. Klünder, Über die Genauigkeit der Stimme, Archiv für Physiologie von Du Bois Reymond, Jahrg. 1879, S. 119ff.

[2]) Herbart Edward Cameron, Tonal reactions. The psychological Review Monograph Supplements June 1907 Whole No. 34, p. 227ff.

Während Klünder in allen Versuchen den Orgelton, welcher entweder unisono oder in bestimmten harmonischen Intervallen nachgesungen wurde, während des Singens forttönen ließ und zur Höhenbestimmung des gesungenen Tons direkt benutzte, variierte Cameron die Versuchsbedingungen in der Weise, daß er zunächst nur einen vom Beobachter beliebig gewählten Ton solange wie möglich halten ließ; in einer zweiten Versuchsserie schaltete er in den so gehaltenen Ton kurze Pausen von etwa $\frac{3}{10}''$ Dauer ein.

Erst in einer dritten Serie wurden Orgeltöne teils unter Mittönen der Orgelpfeife, teils unmittelbar nach ihrem Aufhören nachgesungen. Schließlich wurden mit oder unmittelbar vor Beginn des Nachsingens Störungen durch Fußstampfen oder gleichzeitiges Ertönenlassen von Orgeltönen, die zu dem gegebenen Ton in harmonischem oder disharmonischem Verhältnis standen, in die Versuche eingeführt.

Camerons Ergebnisse in den drei ersten Versuchsreihen (die vierte interessiert hier zunächst nicht) waren folgende:

1. Plötzliche Erhöhung des Tons unmittelbar nach seinem Beginn.
2. Große Tonschwankungen im ganzen Verlauf des Tons.
3. Größe des Fehlers je nach Individuum und Tonhöhe 1 bis 13% der Schwingungszahl des gegebenen Tons.
4. Allgemeine Tendenz zur Tonerhöhung.

Die Cameronschen Versuche stellen hinsichtlich der Versuchsvariationen eine Erweiterung der Klünderschen Untersuchungen dar; insofern Klünder die Orgeltöne während des Nachsingens stets mittönen ließ, Cameron in einem Teil seiner Versuche den gegebenen Ton unmittelbar vor Beginn des Stimmtons abbrach.

Will man die Erweiterung in derselben Richtung fortsetzen, so kann man zwischen Abbrechen des »Vortons« (so wollen wir den gegebenen Ton kurz nennen[1]) und Beginn des »Nachtons« bestimmte Zwischenzeiten einschalten. Dadurch erhält man gleichsam den Übergang von den Versuchen Klünders und Camerons zu denen Wolfes und seiner Nachfolger. Zugleich bahnt man sich dadurch den Weg zu weiteren Versuchsvariationen, die ein suk-

[1]) Die Bezeichnung »Normalton« und »Vergleichston« paßt hier nicht, weil der zweite Ton nicht gegeben und mit dem ersten verglichen, sondern nachgesungen wird.

zessives Ertönen der beiden Töne erfordern [1]). Denn alle diese Variationen erfordern das Einschalten einer bestimmten Zwischenzeit, deren zweckmäßige Auswahl durch die Kenntnis des Einflusses verschiedener Zwischenzeiten erleichtert oder überhaupt erst möglich gemacht wird.

Hinsichtlich der Art der weiteren Variationen wird man nun besonders an ein Problem denken, dessen Lösung durch Experimente an Stimmklängen nahe liegt. Das ist die Frage nach der Abhängigkeit der Tonauffassung von den Artikulationsbewegungen. Dies Problem ist — wenn man es in seinem weitesten Sinne auffaßt — von zwei Gesichtspunkten aus in je zwei Teile zu zerlegen. Erstens muß man die beim lauten Singen ausgeführten Artikulationsbewegungen scheiden von den mehr oder weniger ausgeprägten Kehlkopfinnervationen, welche (als »stilles Mitsingen«) die Tonauffassung überhaupt zu begleiten pflegen [2]); und zweitens sind die zur Regulierung der Tonhöhe erforderlichen Artikulationsbewegungen des Kehlkopfs von den der Vokalisation dienenden Artikulationsbewegungen der Mundhöhle, also vornehmlich der Zunge und der Lippen, zu trennen [3]). (Die Artikulationsbewegungen im engsten Sinne umfassen nur den gemeinschaftlichen Bezirk des

---

[1]) Über die Notwendigkeit sukzessiver Darbietung von Tönen zwecks Feststellung der Unterschiedsschwelle cfr. Wundt, Phys. Psych., Bd. II^5, S. 74 und 86.

[2]) Diese nach den möglichen Versuchsvariationen vorgenommene Unterscheidung deckt sich nicht mit der vom physiologisch-theoretischen Standpunkt gebotenen Trennung von zentralen Mitempfindungen der Bewegungsimpulse und durch tatsächliche Kontraktion der Muskeln hervorgerufenen, durch die sensorischen Nerven des Muskels dem Zentralorgan übermittelten Bewegungsempfindungen (cfr. das Schema in Wundts Phys. Psych. II^5, S. 33). Vielmehr müssen wir annehmen, daß beim lauten Singen stets beide nach dem letzten Gesichtspunkt getrennte Faktoren tätig sind, während beim »stillen Mitsingen« die zentralen Mitempfindungen natürlich stets vorhanden sind, es aber denkbar ist, daß bei Graden geringerer Intensität die Impulse die Kehlkopfmuskeln nicht in Kontraktion versetzen, daß sie aber doch das sensorische Zentrum durch unmittelbare Miterregung beeinflussen. Hieraus erklären sich wohl zum Teil die verschiedenen Grade der Intensität, die sich beim »inneren Mitsingen« beobachten lassen.

[3]) Die klanglichen Elemente der Vokale sind nach den neueren Untersuchungen von Samojloff (s. Gutzmann, Physiologie der Stimme und Sprache, Braunschweig 1909, S. 109) nicht ganz unabhängig von der Höhe des Stimmklangs. S. konstatierte eine geringe Steigerung ihrer Schwingungszahl mit Erhöhung des Stimmklangs. Diese Änderung ist aber wohl nichts anderes als die auch ohne weiteres hörbare »hellere« Artikulation des Vokals bei hohen Tönen.

ersten Teils der ersten Zweiteilung und des zweiten Teils der zweiten Teilung, also die Bewegungen der Zunge und der Lippen beim Hervorbringen artikulierter Laute.) Da die Richtungen, nach welchen diese beiden Zweiteilungen vorgenommen sind, sich schneiden, so kann eine Untersuchung, welche sich nur auf den einen Teil einer von beiden Zweiteilungen bezieht, für diesen Teil beide Fragen der anderen Zweiteilung des Problems zu lösen versuchen.

So kann man die Untersuchung auf den Einfluß des lauten Singens auf die Tonauffassung beschränken — das »stille Mitsingen« aber ganz unberücksichtigt lassen. Innerhalb dieser Beschränkung kann man sich gemäß der zweiten Einteilung dann aber fragen, inwiefern beim lauten Singen eines Tons die Artikulationen des Kehlkopfs zwecks Regulierung der Tonhöhe — und inwiefern die Artikulationen der Mundhöhle zwecks Vokalisation die Tonwiedergabe beeinflussen.

Gerade diese Abgrenzung des Problems liegt der vorliegenden Arbeit zu Grunde[1]).

Unsere Untersuchung konnte also direkt nur den Einfluß der beim lauten Singen ausgeführten Artikulationsbewegung auf die Tonwiedergabe in Angriff nehmen. Inwieweit sich von der Lösung dieses Problems Rückschlüsse auf die Mitwirkung der Kehlkopfinnervationen bei der Tonauffassung überhaupt machen lassen, wird später zu besprechen sein. Zur Behandlung des erwähnten Problems war gegenüber den Versuchsbedingungen der Klünderschen und Cameronschen Arbeiten eine fundamentale Änderung erforderlich: Beide Autoren benutzten als gegebene Töne Orgelklänge. Anstatt dessen mußten wir den Stimmklang selbst als Vorton benutzen. Wurden die Bedingungen dann so variiert, daß der Vorton teils vom Beobachter selber, teils von einem anderen gesungen wurde, so hatte man in dem Unterschied der unter den ersten und unter den zweiten Bedingungungen nachgesungenen Töne unmittelbar den Einfluß der lauten Artikulation beim eigenen Vorsingen auf die Tonwiedergabe. Bei instrumenteller Hervorbringung des fremden Vortons würde der

[1]) Eine zweite Begrenzung des Problems liegt darin, daß die Tonauffassung in all unseren Versuchen durch Nachsingen eines gegebenen Tons geprüft wurde. Dieser Punkt wird später eingehende Berücksichtigung finden. (Cfr. S. 77ff.) S. auch Anm. S. 47, 47a.

Einfluß der verschiedenen Klangfarbe von Instrumental- uud Vokalklängen auf die Tonauffassung als nicht eliminierbarer Faktor hinzugekommen sein. (Wie wir den gegebenen Ton der Kürze halber »Vorton«, den nachgesungenen »Nachton« genannt haben, so wollen wir ein für allemal den zweiten Beobachter, welcher die vom eigentlichen Beobachter nicht selber vorgesungenen Stimmtöne hervorbringt, »Vorsänger« nennen, während wir für den die gegebenen Töne reproduzierenden eigentlichen Beobachter die Bezeichnung »Beobachter« beibehalten oder ihn auch »Nachsänger« oder endlich V. P. nennen.)

Um nun gemäß der zweiten Einteilung des Gesamtproblems festzustellen, inwieweit die Beeinflussung der Tonwiedergabe durch das eigene Vorsingen auf die Artikulationen des Kehlkopfs, und inwieweit sie auf die Artikulationen der Mundhöhle zurückzuführen sei, wurden für die vom Beobachter selbst vorgesungenen Töne, teils dieselben Vokale gewählt wie für die nachgesungenen Töne, teils andere Vokale. Aus den Abweichungen der bei dieser Variation erhaltenen Resultate ließ sich feststellen, ob die Artikulationen der Mundhöhle an der Beeinflussung der Tonwiedergabe sich überhaupt beteiligten, und wieweit ihr Einfluß reichte.

Die Lösung dieser Fragen wurde durch die im Wintersemester 1907/08 im Leipziger Laboratorium durchgeführten Experimente in Angriff genommen, während in dem vorhergehenden Sommersemester nur die Zwischenzeiten zwischen Vorton und Nachton variiert worden waren.

Dem Wirklichen Geheimen Rat Herrn Professor Wundt habe ich für die Anregung zu dem hier umrissenen Thema, Herrn Professor Wirth und besonders Herrn Privatdozent Dr. Klemm für das Interesse, das sie meiner Arbeit entgegenbrachten, und für Förderung und Hilfe verbindlichst zu danken. Ebenso spreche ich den Herren Bochorak, Dr. Dobrinsky, Gutzmann, Lewin, Dr. Menderer, Nawrozinsky, Peters, Dr. Ristitsch, Dr. Sander, Schneider, Dr. Tichy, Wagner und allen anderen Herren, welche mich teils als Versuchspersonen, teils als Experimentatoren unterstützt haben, meinen herzlichen Dank aus.

Nach diesem Überblick über das behandelte Problem sollen die bei Ausführung der Experimente benutzten Apparate beschrieben

werden. Daran anschließen wird sich eine Beschreibung und Begründung des in den beiden Semestern durchgeführten Versuchsverfahrens. Darauf wird die beim Ausmessen der erhaltenen Kurven benutzte Methode dargestellt und begründet werden; so daß der letzte Teil der Arbeit sich allein mit der Darlegung und Besprechung der Versuchsergebnisse zu befassen hat.

II. Beschreibung der Apparate.

Von dem »Stillezimmer« des Instituts führte in einer Messingröhre durch die Wand eine Schlauchleitung in das benachbarte Experimentierzimmer. Das in jenem Zimmer befindliche Schlauchende lief in zwei Zweige von je 20 cm Länge aus, welche durch zwei mit Gummimembranen überzogene (Mareysche) Kapseln geschlossen waren. Das andere im Experimentierzimmer mündende Schlauchende war an den auf einem Universalstativ nach allen Richtungen verschiebbaren Kehltonschreiber der in Band I, S. 103 der psych. Stud. beschriebenen, durch Wirth und Krueger verbesserten Art angeschlossen, dessen Borste die berußte Papierschleife eines schnellaufenden Schleifenkymographions berührte. Möglichst dicht unter der Borste des Kehltonschreibers war ebenfalls am Universalstativ die Zeitschreibung angebracht, welche durch elektromagnetische Übertragung mit einem neben dem Kymographion aufgestellten elektromagnetisch betriebenen Federunterbrecher verbunden war. Das Mittel aus mehrfachen Messungen an dem neuen, sehr exakt gearbeiteten Chronographen des Instituts ergab für den benutzten Federunterbrecher eine Frequenz von 50,035 Schwingungen p. s.

Zur Übermittlung von Signalen aus dem stillen Zimmer in den Experimentierraum wurde eine elektrische Klingelleitung benutzt, welche ebenso wie die der Zeitmessung dienende Stimmgabel direkt an das städtische Leitungsnetz angeschlossen war.

Die Abmessung der Zeiten für die Dauer des gesungenen Tons und der Pausen wurde den Beobachtern durch ein Sekunden schlagendes Metronom, das durch Filzunterlage gedämpft und in einiger Entfernung aufgestellt war, ermöglicht.

III. Versuchsverfahren.

a) Im Sommersemester 1907.

Die Versuche des S.-S. wurden in folgender Weise ausgeführt: Im Stillezimmer saßen zwischen Tisch und Wand, nahe an der durchbohrten Stelle und möglichst dicht nebeneinander die Beobachter so, daß der rechts sitzende »Nachsänger« mit der rechten Schulter die Wand, der links daneben sitzende Vorsänger mit der linken Schulter den Tisch fast berührte. Nachdem beide die an den Enden der Schlauchverzweigung befindlichen Kapseln seitwärts an den Schildknorpel gesetzt hatten, wurde dem die Apparate im Nebenzimmer bedienenden Experimentator durch Niederdrücken des auf dem Tisch befestigten Tasters vom Vorsänger ein Klingelzeichen gegeben, auf welches jener das Kymographion in Gang zu setzen hatte. Die Bewegung beim Niederdrücken des Tasters diente zugleich als Vorsignal für den Beobachter. Zwei Sekunden nach Abgabe dieses Signals sang der Vorsänger den Laut *a*, den Ton zwei Sekunden lang haltend Nach der vorher bestimmten Zwischenzeit reproduzierte der Beobachter den vorgesungenen Laut, indem er den Ton ebenfalls zwei Sekunden lang hielt. Gleichzeitig mit dem Ende des nachgesungenen Tons gab der Vorsänger dem Experimentator das Klingelzeichen zum Anhalten des Kymographions. Die verschiedenen Zwischenzeiten hatten folgende Beträge: 1″, 2″, 3″, 4″, 5″, 7″, 10″, 15″, 20″, 25″, 30″.

(Betrug die Zwischenzeit mehr als 2″, so wurden dem Experimentator beim Schluß des Vortons und zwei Sekunden vor Beginn des Nachtons Zwischensignale gegeben, damit das Kymographion während der Zwischenzeit außer Gang gesetzt werden und dadurch ein Ineinanderlaufen der beiden Kurven vermieden werden konnte.)

b) Im Wintersemester 1907/08.

Im folgenden Semester wurde die Zwischenzeit von drei Sekunden für alle Versuche konstant erhalten.

In der ersten Versuchsreihe dieses Semesters wurde — wie im ersten Semester — nur der Laut *a* vor- und nachgesungen. Die Variation der Bedingungen bestand jetzt aber darin, dass in stetem Wechsel der Vorton einmal vom Vorsänger, das andere Mal vom Beobachter selber gesungen wurde.

In der zweiten Versuchsreihe dieses Semesters wurden alle Vortöne vom Beobachter selbst gesungen. Der Vorsänger war also für diese Serie ganz ausgeschaltet. Die stets von Versuch zu Versuch in bunter Reihe wechselnden Variationen waren folgende:

1. Vokal des Vortons *i*, Vokal des Nachtons *i*
2. Vokal des Vortons *u*, Vokal des Nachtons *u*
3. Vokal des Vortons *i*, Vokal des Nachtons *u*
4. Vokal des Vortons *u*, Vokal des Nachtons *i*

} Alle Töne vom Beobachter selbst gesungen

Die übrigen Anordnungen waren dieselben wie im ersten Semester. So wurden auch im Wintersemester alle Töne zwei Sekunden lang gehalten.

Vorsänger in allen Versuchen des Sommer- und Wintersemesters war ich selber. — Die Nachsänger waren gebeten, alle etwaigen Selbstbeobachtungen mir mitzuteilen; diese wurden dann von mir protokolliert. —

c) Rechtfertigung.

Die Wahl der angegebenen Einzelbedingungen für die Anordnung und Durchführung der Versuche ist jetzt näher zu begründen:

Die Versuchsanordnung war zuerst eine etwas andere. Im Stillezimmer befand sich kein Metronom, sondern die Dauer der Pausen und der gesungenen Töne wurde den Beobachtern vom Experimentator durch elektrische Lichtsignale übermittelt. Die Anordnung war so getroffen, um jedes Geräusch im Stillezimmer zu vermeiden. Unzuträglichkeiten verschiedener Art führten aber bald zur Verwerfung dieser Anordnung: Die Tätigkeit des Experimentators, der zugleich das Kymographion sehr exakt bedienen mußte, um die gesungenen Töne in ihrem ganzen Verlauf aufgeschrieben zu erhalten und doch ein Ineinanderlaufen der Kurven zu vermeiden, außerdem aber die Vorsignale und eigentlichen Signale genau rechtzeitig geben und zu alledem die stets wechselnden Zwischenzeiten abzählen mußte, war so kompliziert, dass häufige Fehler unvermeidlich waren. Um sie auf ein Minimum zu reduzieren, war die Bedienung der Apparate durch einen und denselben Experimentator wünschenswert. Als solcher hätte aber nur der Verfasser selber in Frage kommen können, da es keinem der Herren zuzumuten war, während aller Experimentierstunden mitbeschäftigt zu sein. Noch wichtiger aber war die Identität des Vorsängers für alle Versuche; beide Forderungen zu erfüllen war also

nicht möglich. Im übrigen war auch die Einhaltung der verschiedenen Zeiten durch die Beobachter bei Lichtsignalen sehr ungenau. Die vom Experimentator und vom Beobachter gemachten Fehler summierten sich häufig; und für den Beobachter war es schwierig, ohne festen Rhythmus die Signale exakt zu beachten. All diesen Übelständen war durch Aufstellung des Metronoms im Stillzimmer abgeholfen.

Dem standen zwei Bedenken gegenüber: Erstens die Möglichkeit, die in dem Momentgeräusch[1]) des Metronomtickens nicht ganz fehlenden Klangelemente könnten die Auffassung gleicher oder harmonischer Töne günstig, disharmonischer Töne ungünstig beeinflussen. Dies Bedenken ist schon von Wolfe[2]) zurückgewiesen, der ebenfalls zum Abmessen der Zwischenzeiten ein Metronom benutzte. Die Klangelemente in dem durch Filzunterlagen gedämpften Ticken des Metronoms treten auch so sehr zurück, daß von ihnen irgendwelcher Einfluß der angedeuteten Art nicht zu erwarten ist.

Das zweite Bedenken bezieht sich auf den Verlauf des 2″ gehaltenen Tons, in dessen Mitte ein Metronomschlag fällt. Unsere Messungen haben ergeben, daß die gesungenen Töne kurz nach der Mitte nicht die geringsten Spuren einer Störung aufweisen. Dies Resultat läßt sich auch unmittelbar aus den Cameronschen Ergebnissen ableiten[3]), der feststellte, daß selbst starkes unerwartetes Fußstampfen nur in wenig Fällen eine momentane Tonerhöhung zur Folge hatte.

Dagegen brachte die Aufstellung des Metronoms einen Vorteil mit, der schon von Wolfe angedeutet wird. Wolfe[4]) weist darauf hin, daß die rhythmischen Metronomgeräusche einen günstigen Fixationspunkt der Aufmerksamkeit bieten. In unseren Versuchen wurden die verschiedenen Zwischenzeiten an den Metronomschlägen von den Beobachtern selber (natürlich im Stillen) abgezählt. Durch diese mechanische Tätigkeit war erstens eine ganz gleichmäßige Ausfüllung der Zwischenzeiten ermöglicht, zweitens wurde jedes Reproduzieren des Vortons während der Zwischenzeit ausgeschlossen[5]). Drittens war die Spannung der Aufmerksamkeit bei Beginn des Nachtons so gleich-

---

1) Wundt, Phys. Psych. II, S. 389.
2) a. a. O. S. 539.
3) a. a. O. S. 288.
4) a. a. O. S. 539.
5) Cfr.: F. Angell and H. Harwood, Amer. Journ. of Psych. vol. II, 1899, p. 67.

mäßig wie möglich. Trotz des Mitzählens wurde dem Beobachter 2″ vor Ablauf der Zwischenzeit regelmäßig durch Handaufheben von dem Vorsänger ein Signal gegeben.)

Die Verdoppelung der Tondauer gegenüber den Wolfeschen Untersuchungen, der 1″ als die günstigste Zeit gewählt hatte, erklärt sich aus der Schwierigkeit, gesungene Töne zeitlich exakt abzugrenzen. Fehler von $^1/_{10}$″ bis zu $^2/_{10}$″ waren besonders in den Fällen, in denen der Beobachter selber den Vorton sang, nicht selten. Ein derartiger Mehr- oder Wenigerbetrag fällt bei 1″ Gesamtdauer viel schwerer ins Gewicht als bei 2″ Dauer. Außerdem war wegen Feststellung des Tonverlaufs ein allzurasches Abbrechen des Nachtons unerwünscht, eine Verschiedenheit in der Dauer zwischen Vorton und Nachton sollte vermieden werden. Aus den Gründen wurde für beide Töne die Dauer von 2″ festgesetzt.

Besondere Schwierigkeiten bereitete die Frage der Abgrenzung bestimmter Tonhöhen. Wollte man das im zweiten Semester in Angriff genommene Hauptproblem nicht fallen lassen, so mußte die größte Zahl von Tönen von dem Beobachter selber vorgesungen werden. Denn nur so konnte der Einfluß der durchgeführten Artikulation auf die Tonwiedergabe samt der Frage nach der Beteiligung der Artikulation der Mundhöhle an diesem Einfluß untersucht werden. Dadurch wurde aber eine Beschränkung der Untersuchung auf wenige bestimmte Töne innerhalb des betreffenden Stimmumfangs unmöglich gemacht. Denn man konnte dem Beobachter den von ihm selber vorzusingenden Ton nicht angeben, ohne daß durch eine solche Angabe die endgültige Wiedergabe des vorgesungenen Tons in ganz unberechenbarer Weise beeinflußt worden wäre. Sogar die Abgrenzung eines bestimmten Gebietes innerhalb des Stimmumfangs, z. B. der Mittellage, erwies sich als untunlich, denn es zeigte sich bei allen Beobachtern eine starke Neigung, den in einem Versuch gewählten Ton das nächste Mal wiederzuwählen. Solange die Dispositionen, welche ein gesungener Ton zurückgelassen hatte, noch so stark waren, daß eine willkürliche Reproduktion desselben einigermaßen gelangt, konnte dieser Neigung natürlich widerstanden werden. Aber es kam ja gerade darauf an, die Pausen zwischen den einzelnen Versuchen so groß zu machen, dass eine derartige Reproduktion nicht mehr möglich war, damit eine ganz unberechenbare Beeinflussung der Tonauf-

fassung durch den vorangehenden Versuch vermieden wurde[1]). Und dann bestand die Tendenz, den Ton des vorangegangenen Versuchs wiederzuwählen, auch bei Einschaltung ausserordentlich langer Zwischenpausen noch fort. Der Ton wurde erneuert, ohne in seiner Identität wiedererkannt zu werden. Es schien sogar so, als ob diese Tonerneuerung ohne Wiedererkennung nach Zwischenpausen von fünf bis zehn Minuten in den Fällen, in denen sie überhaupt eintrat, viel präziser war als die willkürliche Reproduktion eines fremden Vortons nach zehn bis dreißig Sekunden, die gegenüber den kürzeren Intervallen eine ganz beträchtliche Abnahme zeigte. — Diese Erscheinung trat dann nicht ein, wenn zwischendurch mehrere Töne in ganz anderer Tonlage gesungen waren. Sagte man z. B. dem Beobachter, der als Vorton einen ganz tiefen Ton gewählt hatte, beim nächsten Versuch, er möchte einen ganz hohen Ton wählen, so zeigte sich nicht die Tendenz, nun etwa eine Oktave zu dem früheren Ton zu singen, sondern es wurde im allgemeinen ein ganz anderer Ton ausgesucht. Ließ man dann einen mittelhohen, darauf einen mitteltiefen Ton als Vorton benutzen — und kehrte erst dann zu der hohen Tonlage zurück, so wurde der jetzt vier Versuche zurückliegende Ton nicht mehr erneuert, auch wenn die Gesamtzwischenzeit zwischen dem ersten und letzten Versuch kleiner war als die Zwischenzeit zwischen zwei Versuchen ohne Einschiebung der Versuche in anderen Tonlagen, bei welchen eine solche Erneuerung häufig war. Diese Beobachtung machte in allen Versuchen, in denen der Vorton vom Beobachter selber vorgesungen wurde, eine Ausdehnung der Versuche über den ganzen Stimmumfang erforderlich. Um aber alle Teile des Problems unter möglichst konformen Bedingungen zu untersuchen, haben wir auch in den Fällen fremden Vorsingens die Töne möglichst gleichmäßig über das ganze Gebiet des Stimmumfangs verteilt. Diese Maßregel schien um so unbedenklicher, als ja durch die Versuche von E. Luft, Preyer, Lorenz die Konstanz der absoluten Unterschiedsschwelle für Töne mittlerer Höhenlage festgestellt war[2]). —

Weiter ist die Auswahl der Vokale *i*, *a*, *u* zu begründen.

---

[1]) Die Pausen betrugen deshalb immer mindestens 2 Minuten.

[2]) E. Luft, Philos. Stud. 4, S. 511 ff. Lorenz, Philos. Stud. Bd. 1891, S. 26 ff. Siehe Wundt Phys. Psych. II^5, S. 74 ff. — Allerdings stimmen die Ergebnisse Wolfes nicht ganz damit überein. Wolfe Phil. Stud. III, S. 534 ff.

Alle[1]) älteren Vokalsysteme betrachteten diese drei Vokale als die Grundqualitäten des Vokalsystems, zwischen die sich alle anderen Vokale und Diphthonge als Verbindungen ihrer Elemente einschieben sollten, ähnlich wie man die Farben rot, grün, violett als die Grundqualitäten des Farbensystems ansah und teils noch ansieht. Man nahm sogar an, daß die indogermanischen und zum Teil auch die semitischen Sprachen ursprünglich nur diese Vokale gekannt hätten[2]). Wenn sich diese Annahme auch als irrig herausgestellt hat[3]), so darf man den genannten Vokalen doch wohl eher den Charakter von Grundqualitäten zuerkennen, als irgendwelchen Farbenempfindungen. Denn das System der Farbenqualitäten bildet insofern einen Ring, als es möglich ist, von jeder Qualität durch kontinuierliches Durchlaufen des ganzen Systems zu ihr zurückzugelangen. Die subjektiven Qualitäten der Vokale dagegen lassen sich (von den Diphthongen abgesehen) nur als eine Linie darstellen, auf welcher *i* uud *u* die äußersten Grenzen bilden, während *a* in der Mitte liegt[4]). Die drei genannten Vokale also besitzen eine bevorzugte Stellung in ihrem System, welche keiner Farbe zukommt. — Es besteht noch ein anderer Unterschied zwischen der psychischen Bedeutung der Farbenempfindungen und der Vokale: Während jene einfache Empfindungen sind, stellen diese Empfindungskomplexe von sehr zusammengesetzter Natur dar. — Wundt[5]) bezeichnet die Vokale als »Klänge, die sich von den eigentlichen musikalischen Klängen durch die ungewöhnlich starke Beimengung von Geräuschelementen auszeichnen, aus welchen letzteren

---

1) Siehe z. B. Brücke, Grundzüge der Physiologie und Systematik der Sprachlaute, II. Aufl. Wien 1876, S. 25; wo *i a u* als die »Grundpfeiler des Systems« bezeichnet werden. Über die Tatsache, daß alle älteren Systeme diese Bevorzugung den genannten Vokalen gewährten, cfr. Sievers, Grundzüge der Phonetik IV Aufl. Leipzig 1893, S. 76.

2) z. B. Landois, Lehrbuch der Physiologie des Menschen, 4. Aufl. 1885, S. 635 behauptet, daß die hieroglyphische, indische, althebräische und gothische Sprache ursprünglich nur diese drei Vokale führten.

3) Sievers, a. a. O. S. 76.

4) D. h. die Vokale *i* und *u* bilden rücksichtlich der Artikulation und der klanglichen Beschaffenheit zwei in derselben Richtung nicht mehr zu überbietende Extreme, während *a* relativ indifferent in der Mitte steht. (Cfr. Sievers a. a. O. S. 75 ff.)

5) Phys. Psych. II^5, S. 384. Eine sehr instruktive Gegenüberstellung von »Obertontheorien« (Helmholtz, Hensen, Pipping) und »Formantentheorien« (Hermann) wird von Gutzmann (Physiologie der Stimmen und Sprache, 1909, S. 113 f.) gegeben.

sich einzelne Töne von konstanter Höhenlage als die den Vokal charakterisierenden Elemente aussondern«.

Darnach wird man den selbst gesprochenen (oder streng genommen geflüsterten) Vokal rein psychologisch definieren können als eine Komplikation aus Gehörs- und Artikulationsempfindungen, in welcher die ersteren sehr dominieren.

Auf eine Analyse dieser Komplexe hatte unsere bisherige Betrachtung verzichtet — sie hatte die Vokale so behandelt, wie sie sich unmittelbar dem Bewußtsein darbieten. Eine solche Systematisierung der Vokale ohne ihre Analyse nennt Sievers Ordnung »nach Klangfarbe«. Er stellt ihr die Anordnung nach Eigenton gegenüber, um endlich als dritte Art der Vokalsysteme die Einordnung nach den Artikulationsstellungen der Sprachorgane darzustellen[1]). Für die Frage, inwiefern die gewählten Vokale für die Lösung unseres Problems tauglich waren, ist aber gerade ihre Stellung innerhalb der nach den beiden letzten Rubrizierungsarten, gebildeten Systeme wesentlich. Denn wenn sich überhaupt eine Verschiedenheit der Tonwiedergabe nachweisen läßt, je nachdem der vom Beobachter selber vorgesungene Ton denselben Vokal hatte wie der Nachton oder einen verschiedenen, so wird diese Verschiedenheit entweder auf die in den Vokalen enthaltenen Klangelemente zurückgeführt werden müssen, oder sie wird bedingt durch die Änderung in der Artikulation der Mundhöhle bei verschiedenen Vokalen, welche ja vielleicht durch Ablenkung der Aufmerksamkeit oder andere Faktoren einen nachhaltigen Einfluß auf die Wiedergabe ausüben könnte. Wenn es sich

---

[1]) a. a. O. S. 76 ff. — Die Unterscheidung zwischen »Klangfarbe« und »Eigenton« kann zu Mißverständnissen führen. Man denkt hier unwillkürlich an den Unterschied von Tonhöhe und Klangfarben eines Klangs, von denen die erste allein vom Grundton, die zweite wesentlich von den Obertönen abhängig ist. Bei den Vokalen liegen die Verhältnisse aber ganz anders, »Eigenton« und »Klangfarbe« läßt sich hier nicht voneinander trennen, weil die Klangfarbe wesentlich mit durch den oder die Eigentöne (Formanten nach Hermann) bedingt ist. Diesen Unterschied will die erwähnte Einteilung aber auch gar nicht hervorheben. — Würde man die Einordnungsarten der Vokale statt dieser Dreiteilung in nur zwei Gruppen trennen, nämlich I. Einordnung der Vokale ohne ihre Analyse, II. Einordnung der Vokale nach voraufgegangener Analyse, und zwar 1. Einordnung nach akustischen Merkmalen, 2. Einordnung nach Artikulationsmerkmalen, — so wäre eine solche Einteilung vielleicht weniger mißverständlich. Zugleich wäre hierdurch angedeutet, weshalb die erste Gruppe der Einordnungsversuche den beiden Unterarten der zweiten Gruppe geschichtlich voranging.

nun hier darum handelt, zunächst festzustellen, ob überhaupt eine Beeinflussung irgendwelcher Art stattfindet, so wird man zweckmäßig zu dieser Feststellung solche Vokale verwenden, die sowohl hinsichtlich ihrer Klangelemente als auch hinsichtlich ihrer Artikulationsmerkmale einander möglichst fern stehen. Daß die Vokale *i* und *u* der ersten Anforderung genügen, beweisen übereinstimmend alle Versuche, die in den Vokalen enthaltenen typischen Klangbestandteile aufzufinden — soweit diese auch sonst voneinander abweichen [1]). Denn alle fanden im *u* die tiefsten, im *i* die höchsten Töne, während *a* hier ebenso wie bei der Einordnung ohne vorangegangene Analyse die Mittelstellung einnimmt [2]).

Um zu zeigen, daß dieselbe Reihenfolge auch bezüglich der Artikulationsstellungen gilt, und um die angewandten Vokale zugleich genau zu präzisieren, sei ihre Stellung in dem Bellschen Artikulationssystem [3]) (in der Wiedergabe nach Sievers) hier angeführt:

1. *i*¹ (sie)	Zungenstellung	Horizontalstellung:	Vordere.
		Vertikalstellung:	Hoch.
	Lippenstellung:	Ohne Rundung.	
2. *u*¹ (du)	Zungenstellung	Horizontalstellung:	Hintere.
		Vertikalstellung:	Hoch.
	Lippenstellung:	Gerundet.	
3. *a*² (Vater)	Zungenstellung	Horizontalstellung:	Hintere.
		Vertikalstellung:	Mittel.
	Lippenstellung:	Ohne Rundung.	

[1]) Eine Zusammenstellung bei Wundt Phys. Psych. II⁵, S. 384; Tigerstedt, Physiologie IV, 1908, Bd. II, S. 167. — Die Abweichungen in den Resultaten, die sich aus den verschiedenen Sprechweisen wohl nicht erklären lassen, führt Wundt, a. a. O. S. 384 auf Verdeckung der Töne durch Schwebungen und demgemäß auf die verschiedene Tauglichkeit der objektiven und subjektiven Analysationsmethoden zurück. Herr Prof. Sievers wies darauf hin, daß in solchen Untersuchungen, um die typische Eigenart der Vokale möglichst scharf hervorzuheben, der Mundhöhle Stellungen gegeben werden, die von den Stellungen des gewöhnlichen Sprechens weit abweichen können. So läßt sich durch Perkussion der Mundhöhle bei gleichzeitigem Kehlkopfschluß feststellen, daß das gedehnte *u* des gewöhnlichen Sprechens einen höheren »Eigenton« hat als das *o*.

[2]) Vergleiche besonders die Veranschaulichung der von acht verschiedenen Autoren gefundenen charakteristischen Vokaltöne bei Gutzmann, Physiologie der Stimme und Sprache, 1909, S. 111.

[3]) Sievers, a. a. O. S. 96.

Sievers[1]) beschreibt den Unterschied in der Artikulationsstellung zwischen *u* und *i* folgendermaßen: »Die Zunge wird beim *u* in ihrer ganzen Masse nach hinten gezogen und in ihrem hinteren Teil zum weichen Gaumen gehoben. Beim *i* dagegen ist sie nach vorn gedrängt und mit ihrem Vorderteile dem harten Gaumen genähert. Die Lippen ziehen sich beim *u* bis auf eine kleine kreisförmige Öffnung zusammen und werden gleichzeitig, das Ansatzrohr verlängernd, etwas vorgeschoben. — Beim *i* werden die Mundwinkel auseinandergezogen und es entsteht ein breiter Spalt an Stelle jener kreisrunden Öffnung beim *u*«.

Der Laut *a* wird dagegen (S. 78) als die neutrale Mitte zwischen *u* und *i* bezeichnet, der sich vom völlig artikulationslosen »natürlichen Laut« (S. 80) nur durch eine geringe Bewegung der Zunge nach hinten (S. 78) unterscheidet, während ihm die Lippenartikulation völlig fehlt.

Diese Darlegungen werden genügen, um die Wahl des Vokals *a* in allen Fällen, in denen die Artikulation der Mundhöhle mit ihren Einflüssen möglichst ausgeschaltet werden sollte, der Vokale *i* und *u* dagegen überall da, wo es sich um möglichste Steigerung dieser Einflüsse handelte, zu rechtfertigen.

Natürlich mußte neben der Vokalfolge *i i*, *i u* auch die umgekehrte *u u*, *u i* angewandt werden. Um Übungseinflüsse auszuschließen, mußte im ersten Semester zwischen den verschiedenen Zwischenzeiten, im zweiten zwischen den verschiedenen Vokalfolgen stets gewechselt werden. — Daß der Unterschied der Zwischenzeiten mit ihrer wachsenden Größe gesteigert wurde, war eine Forderung des von Wolfe gefundenen Gesetzes, wonach die Unterschiedsschwelle für Töne ungefähr proportional dem Logarithmus der Zwischenzeit wächst[2]). Deshalb betrug der Unterschied der fünf kürzesten Zwischenzeiten je eine Sekunde, worauf die Unterschiede zwei Sekunden, drei Sekunden und fünf Sekunden folgten.

Eine besondere Rechtfertigung fordert die Festsetzung der konstanten Zwischenzeit für die Versuche des zweiten Semesters auf drei Sekunden. Da als günstigste Zwischenzeit für die Vorsignale 2″

[1]) a. a. O. 78.
[2]) Wolfe, a. a. O. S. 555.

gewählt war, die Dauer der gesungenen Töne auch zwei Sekunden betrug, so wäre für die völlige Rhythmisierung der Versuche die Einschaltung von zwei Sekunden Zwischenzeit zwischen den beiden Tönen zweckmäßig gewesen[1]). Es zeigten sich bei dieser Zwischenzeit aber in den Versuchen, in welchen der Beobachter den ersten Ton selber sang (und das war ja in den meisten Versuchen dieser zweiten Reihe der Fall) Unzuträglichkeiten, die ihren Grund im Atemholen hatten. Natürlich war es dem Beobachter leicht, während der zwei Sekunden genügend Luft zu schöpfen. Das Einatmen geschah aber mit einer gewissen Hast und war zuweilen sogar von einem leisen pfeifenden Geräusch begleitet. Die hiermit verbundenen Nachteile erschienen uns größer als die durch Einhaltung eines festen Rhythmus bezüglich möglichst gleichmäßiger Aufmerksamkeitsspannung erzielten Vorteile. Bei 3″ war die Atmung vollkommen ruhig. Zwischen Schluß des ersten Tones und Wiedereinatmen wurde regelmäßig eine kleine Pause gemacht, und der Thorax hatte sich durch langsames Einatmen mit der für das Einsetzen des zweiten Tones günstigsten Luftmenge gerade dann gefüllt, wenn die drei Sekunden verflossen waren. Andererseits mußte die Zwischenzeit so kurz wie möglich bemessen werden, weil sonst die Gefahr bestand, daß ihr wachsender Einfluß etwaige Einwirkungen der Artikulation, die sicher nur ganz gering sein konnten, völlig überdeckte.

IV. Ausmessung der erhaltenen Kurven.

Zur Auswertung der beschriebenen Versuche durch Ausmessen der erhaltenen Kurven standen — soweit es sich um Feststellung des Tonverlaufs in seinen einzelnen Stadien handelte — zwei Wege offen, von denen Klünder den einen, Cameron den anderen beschritten hatte: Klünder[2]), der zur Zeitmessung direkt die Kurve des gleichzeitig mittönenden Orgeltons benutzte, gibt jedesmal die Zahl der Schwingungen an, welche verfließen, bis sich die beiden Kurven des Orgeltons und Stimmtons um eine Viertelwellenlänge verschoben haben. Er benutzt also die Verschiebung der beiden Kurven um eine Viertelwellenlänge als konstante Vergleichsgröße,

[1]) Cfr. Wundt, Phys. Psych. I⁶, S. 583 und 587.

[2]) a. a. O. S. 120

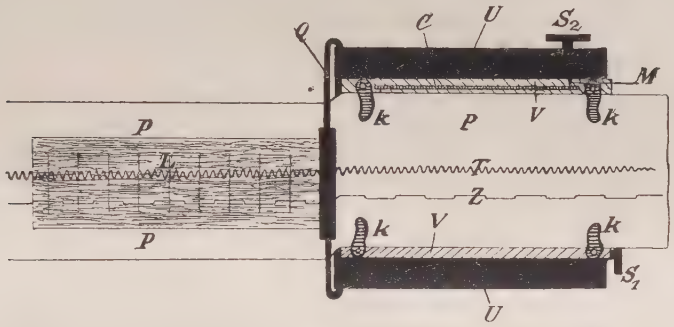
während ihm die stets variierende Zahl der Schwingungen oder die Zeit, die bis zur Erreichung dieser Abweichung notwendig ist, als direktes Maß der erzielten Präzision des Stimmtons dient. Cameron dagegen benutzt umgekehrt als konstanten Vergleichswert die Zeitgröße von $^1/_{10}$ Sekunde Dauer. Die Größe der Abweichung des gesungenen Tons vom gegebenen aber mißt er direkt durch die auf die Sekunde reduzierte Verschiedenheit der Wellenzahl, welche diese konstante Zeitgröße enthält. Das Cameronsche Verfahren ist also die direkte Umkehrung der Methode Klünders. Konstanter Vergleichswert und variierende Maßgröße werden miteinander vertauscht.

Beide Verfahren haben ihre Mängel, die in der Unmöglichkeit, beliebig kleine Unterschiede zwischen Normalton und Vergleichston zu messen, ihren Grund haben: Bei der ersten Methode gehen alle Tonschwankungen verloren, welche eine Verschiebung der beiden Kurven um $^1/_4$ Schwingung nicht herbeiführen. Solche Schwankungen können aber sehr beträchtlicher Natur sein, wenn sie nur kurze Zeit dauern. Beträgt z. B. die Verschiebung während fünf Schwingungen $^1/_5$ Schwingung, welche in den nächsten fünf Schwingungen wieder auf o zurückgeht, so wird eine derartige Schwankung nach Klünders Verfahren nicht berücksichtigt; und doch handelt es sich um eine kurzdauernde Abweichung, die ungefähr $^1/_3$ Tonschritt betrug.

Bei dem Cameronschen Verfahren bleiben dagegen alle Tonschwankungen unberücksichtigt, die innerhalb der abgemessenen Zehntelsekunde liegen. Eine wirklich exakte Berücksichtigung aller Tonschwankungen wäre nur dann möglich, wenn man jede Einzelschwingung nach ihrer Dauer mindestens auf $^1/_{200}$ Schwingung genau abmessen könnte — was bei den Kurven des Kehltonschreibers nicht möglich ist. (Eine Berücksichtigung ganz kurzdauernder Schwankungen hat zwar unmittelbar nur physiologisches Interesse. Aber die Ergebnisse dieser Versuche werden zeigen, daß sie mittelbar auch für psychologische Probleme vielleicht von großem Wert sein kann.)

Man wird sich also für eine der beiden Methoden zu entscheiden haben. Nun ist das Klündersche Verfahren besonders da angebracht, wo die Normalkurve direkt mit der Vergleichskurve zusammengehalten werden kann; also — wie es bei seinen Versuchen der Fall war — bei gleichzeitigem Forttönen des Normaltons während

des gesungenen Tons. Wo es sich dagegen um eine Beziehung beider Kurven auf eine als Maßstab dienende Zeitkurve handelt, da wird man der Cameronschen Methode den Vorzug größerer Einfachheit zugestehen müssen. Sie wurde deshalb auch hier gewählt[1]); und zwar wurde die Dauer von $^1/_{10}$ Sekunde als sehr günstig bemessene konstante Zeitdauer beibehalten. Anstelle des bei Cameron beschriebenen Apparates wurde der im Institut für ähnliche Zwecke früher angefertigte Meßtisch (Fig. 1) benutzt, dessen bewegliche Schieber



Figur 1.
Meßtisch zum Abmessen der Kurven.

durch die Mikrometerschrauben S_1 um 60 mm in der Längsrichtung und durch die Mikrometerschraube S_2 um 40 mm in der dazu senkrechten Querrichtung verschiebbar waren. An zwei Skalen, von denen die für die Längsverschiebung giltige C in der Figur sichtbar ist, konnte mittels der am Untergestell U befestigten Marke M der Betrag der Verschiebung in ganzen Millimetern abgelesen werden, während die Mikrometerschrauben Ablesungen von $^1/_{100}$ Millimeter gestatteten. An einer Querleiste Q war drehbar und verschiebbar das in der Figur zurückgeschlagene Glaslineal L befestigt.

[1]) Wie sehr auch bei diesem Verfahren die absolute Größe der gefundenen Schwankungen von der gewählten Vergleichsgröße abhängig ist, zeigen die Ergebnisse Camerons, a. a. O. S. 259, der bei Abmessungen von Hundertstelsekunden Tonsprünge bis zu 42 Schwingungen konstatiert. Man kann allerdings nicht wissen, ob diese Schwankungen von etwa zwei zu zwei Wellen nicht zum Teil in der Messungsschwelle Camerons ihren Grund finden, da man vermuten sollte, daß so unregelmäßige Vorgänge nicht mehr als Ton, sondern als Geräusch wahrgenommen würden.

Zwecks Abmessung wurde nun der herausgeschnittene Papierstreifen P mit der von dem gesungenen Ton herrührenden Kurve T und der darunter befindlichen Zeitschreibung Z mittels der Klammern K auf dem Längsschieber des Meßtisches befestigt. Nach Darüberlegen des Glaslineals erfolgte die Abmessung, die am besten an Hand eines bestimmten Beispiels unter Zuhilfenahme der stark vergrößerten Figur 2 erläutert wird. Soll die Messung bei Punkt 0 der Zeitschreibung begonnen werden, so wird der Schieber des Meßtisches zunächst soweit verschoben, daß eine Marke des Glaslineals gerade über dem Abschnitt 0 liegt. Sie treffe die Kurve in a (in Figur 2 rechts).

Figur 2.
Tonkurve und Zeitkurve.

An Skala und Mikrometerschraube werde etwa der Betrag 0,64 mm abgelesen. Darauf Verschiebung, bis dieselbe Marke des Lineals genau über dem Gipfel der betreffenden Zacke, also über $à$ liegt.

$a = 0{,}64$ mm

Ablesung etwa $à = 1{,}62$ mm

Weitere Verschiebung um fünf Abschnitte der Zeitschreibung, bis dieselbe Marke des Lineals über Punkt 5 der Zeitschreibung (Fig. 2 links) liegt und die Kurve in b trifft.

Ablesung etwa $b = 40{,}58$ mm

Verschiebung bis zum Gipfel der Zacke, Ablesung etwa $b̀ = 41{,}47$ mm

Daraus $à\, b̀ = 39{,}85$ mm $= 8$ Schwingungen

$$a\, à = 0{,}98 \text{ mm} = \frac{0{,}98 \cdot 8}{39{,}85} \text{ Schwingungen}$$

$$b\, b̀ = 0{,}89 \text{ mm} = \frac{0{,}89 \cdot 8}{39{,}85} \text{ Schwingungen}$$

$$a\, b = à\, b̀ + a\, à - b\, b̀ = 8 + \frac{0{,}98 \quad 8}{39{,}85} - \frac{0{,}89 \cdot 8}{39{,}85} \text{ Schwingungen}$$

$= 8{,}02$ Schwingungen.

Mehrfache Messungen derselben Welle zeigten, daß es nicht möglich war, die Abmessungen auf Hundertstel der Welle genau durchzuführen. Die Schwankungen innerhalb mehrfacher Messungen waren bedeutend größer. Deshalb wurde stets auf Zehntelwellen abgerundet. Das ergibt in unserem Beispiel unter Vernachlässigung der $^2/_{100}$ Schwingungen den Betrag von 8,0 Schwingungen innerhalb der Zeit von fünf Schwingungen der Stimmgabel oder genau 80 Schwingungen während 50 Stimmgabelschwingungen. Nun gaben diese 50 Schwingungen der Stimmgabel — wie schon erwähnt — nicht genau den Wert einer Sekunde. Dieser umfaßte vielmehr 50,035 Schwingungen. — Man muß den für die Tonhöhe während der abgemessenen Zehntelsekunde gefundenen Wert von 80 Schwingungen also noch multiplizieren mit $\frac{50{,}035}{50} = 1{,}0007$. — Damit die 7 die Stelle vor dem Komma beeinflussen könnte, müßte sie mindestens mit der ganzen Zahl 794 multipliziert werden. Da aber Töne von dieser Schwingungszahl unter den gesungenen Tönen nicht vorkamen, so kann man die 7 vernachlässigen — soweit die Reduktion auf die Sekunde nur ganze Schwingungen berücksichtigt. Die Berücksichtigung von Zehntelschwingungen p. s. aber war ja nicht möglich, weil sie innerhalb der Abmessungen nach Zehntelsekunden eine Berücksichtigung von Hundertstelwellen gefordert hätte. Deshalb hatte der geringe Mehrbetrag von 0,035 Schwingungen der Zeitstimmgabel auf die in ganzen Schwingungen angegebene Tonhöhe während der einzelnen Zehntelsekunden keinen Einfluß und konnte bei der Berechnung vernachlässigt werden. — Später stand an Stelle des Glaslineals ein Mikroskop mit Fadenkreuz zur Verfügung, an welches der Meßtisch angeschraubt wurde. Aber auch mit Hilfe dieses Instruments war es nicht möglich, die Schwelle der Genauigkeit bei Abmessung der Wellen auf $^1/_{200}$ herabzudrücken, wie es bei Berücksichtigung von Zehntelschwingungen p. s. nötig gewesen wäre. Dazu waren die Gipfel- und Tälerpunkte der Stimmkurven durch den Kehltonschreiber, dessen Borstenspitze ja immer eine gewisse Dicke besitzt, nicht scharf genug markiert[1]).

Nachdem durch zwanzig solche Einzelmessungen der Verlauf eines

---

[1]) Cameron gibt die Tonhöhen in Zehntelschwingungen an. Darnach müßte es ihm möglich gewesen sein, ohne Mikroskop die Wellengröße auf $^1/_{200}$ Welle genau abzumessen.

zwei Sekunden gehaltenen Tones während der einzelnen nach Zehntelsekunden abgegrenzten Stadien verfolgt war, wurde nun die Gesamthöhe nicht durch einfache Mittelziehung aus den zwanzig so erhaltenen Angaben der Tonhöhe berechnet, sondern es wurden die ganzen Wellen vom Beginn der zweiten Zehntelsekunde[1]) bis zum Schluß der letzten Zehntelsekunde noch einmal abgezählt und die Bruchteile vom Beginn der zweiten Abmessung bis zum Gipfel der ersten Welle sowie vom Gipfel der letzten Welle bis zum Schlusse der letzten Abmessung, — zum Betrag der ganzen Wellen addiert. Das durch 1,9 dividierte Resultat, welches bis auf Zehntelwellen genau die Gesamthöhe angab, wurde der durch die geringe Abweichung der Zeitstimmgabel bedingten, eben angegebenen Multiplikation unterworfen. So wurde die Gesamthöhe des gesungenen Tons stets mit Berücksichtigung von Zehntelschwingungen gefunden. (Natürlich war die bei der Angabe der Tonhöhe innerhalb der einzelnen Zehntelsekunden überflüssige Multiplikation hier notwendig für alle Töne, deren Höhe den Wert von 79,4 Schwingungen p. s. übertraf. Das galt aber für die gesamten gesungenen Töne.) (Es ist wohl nicht notwendig, die Modifikationen dieser Berechnungsart noch besonders anzugeben, welche die Tatsache, daß ein Ton nie genau 2″ gehalten wurde, mit sich brachte.)

V. Angabe und Diskussion der Ergebnisse.

Einteilung.

Die so erhaltenen Resultate beziehen sich nun erstens auf die Abweichungen der Gesamttonhöhe des nachgesungenen Tons von der des vorgesungenen, und zweitens auf die Einzelheiten im Verlauf der nachgesungenen Töne. Unter diesem Gesichtspunkt sollen die Ergebnisse der beiden Semester in zwei Hauptabschnitten mitgeteilt werden, von denen der erste nur die Gesamtfehler des nachgesungenen Tons im Vergleich zum vorgesungenen angibt und diskutiert, die Einzelheiten des Verlaufs aber nur soweit berücksichtigt, als sie den Gesamtfehler wesentlich beeinflussen. Der zweite Abschnitt wird dann alle Einzelheiten des Tonverlaufs und die sich aus ihnen etwa

[1]) Die erste Zehntelsekunde wurde wegen später zu erwähnender Unregelmäßigkeiten bei Feststellung der Gesamthöhe nicht berücksichtigt.

ergebenden Gesetzmäßigkeiten und Konsequenzen zur Darstellung bringen. Diese Einteilung soll derjenigen nach den Versuchsbedingungen des 1. und 2. Semesters übergeordnet sein.

Dem ersten Abschnitt ist noch eine Erklärung bezüglich der Versuchseinteilung voraufzuschicken. Das eigentliche Problem der Arbeit war eine psychologische Analyse des menschlichen Stimmklangs; vor allem die Feststellung, inwieweit sich Gehör und Artikulation an der Regulierung und Auffassung des eigenen Stimmklangs beteiligten. Die Variationen der Zwischenzeit im ersten Versuchssemester hatten nur die schon angedeutete sekundäre Bedeutung. Zweck dieser Variationen war erstens die Gewinnung eines allgemeinen Überblicks über die zeitlichen Einflüsse, um dadurch die Wahl der passendsten konstanten Zwischenzeit für die Lösung des Hauptproblems zu ermöglichen; zweitens sollten sie zeigen, ob und inwiefern die mit Verlängerung der Zwischenzeiten sicher verbundene Abnahme der vom Vorton hinterlassenen Dispositionen von etwaigen Änderungen im Verlauf des Tons begleitet wären, um dadurch die Erkenntnis der Bedeutung, welche die mit Artikulationsänderungen verbundenen Verschiedenheiten des Tonverlaufs hatten, zu erleichtern. Keineswegs aber war beabsichtigt, das von Wolfe gefundene und in den meisten späteren Arbeiten bestätigte Gesetz[1]), daß die Genauigkeit der Reproduktion einfacher Sinneseindrücke proportional dem Logarithmus der Zwischenzeit abnimmt, auch bei der Wiedergabe von Tönen durch den Stimmklang selbständig nachzuweisen. Um diesen Nachweis nach der Methode der mittleren Fehler für die gewählten elf Zwischenzeiten zu führen, wäre ein Verzicht auf alle anderen Variationen, eine schnellere Art des Versuchsverfahrens und eine gröbere, nur die Gesamthöhe des Tons berücksichtigende Abmessung nötig gewesen, um die erforderliche Versuchszahl zu erreichen.

[1]) Wolfe, a. a. O. S. 555. Radoslawow, Untersuchungen über das Gedächtnis räumlicher Distanzen. Phil. Stud. Bd. XV, S. 436 ff. Über die Ergebnisse von Loewenton, Landau, Schneider, v. Tschisch, Hirschberg in derselben Richtung cfr. v. Tschisch, Kongreßbericht München 1896, S. 95 f. Übrigens konnte Angell, Discrimination of klangs, Amer. Journ. of Psych. XII, p. 79 in seinen Versuchen, die das sehr hohe Gebiet von 512—1024 Schwingungen umfaßten, keine Annäherung an die logarithmische Kurve feststellen.

Durch die zunächst mitzuteilenden, auf die Gesamtwiedergabe bezüglichen Resultate des 1. Semesters wird das Wolfesche Gesetz weder bestätigt noch in Frage gestellt. Welchen Wert diese Ergebnisse trotzdem für unsere Arbeit besitzen, wird besonders aus dem letzten Teil derselben klar werden.

I. Abschnitt:

Gesamtabweichung des Nachtons vom Vorton.

1. bei verschiedenen Zwischenzeiten.

Beobachter waren im ersten Semester die Herren Bochorak, Peters, Ristitsch, die wir fortan mit den Anfangsbuchstaben ihrer Namen bezeichnen wollen, Von ihnen hatte B. die höchste, R. die tiefste Stimmlage, während P. bezüglich der Stimmlage zwischen beiden stand. Alle drei Beobachter konnten ohne Anstrengung Töne über 110 und unter 300 Schwingungen singen. Bei höheren Tönen mußte R. die »Kopfstimme« zu Hilfe nehmen, während B. die tieferen Töne Schwierigkeiten bereiteten. Der Umfang von P.s Stimme war am größten. Alle vorgesungenen Töne von 110—380 Schwingungen konnte er ohne Schwierigkeiten nachsingen. Während B. und P. musikalisch und im Singen geübt waren, hatte R. weniger musikalische Anlage und Übung. — Vorsänger war — wie schon erwähnt — im ersten und zweiten Versuchssemester stets der Verfasser dieser Arbeit.

Tabelle I bringt eine Zusammenfassung der Resultate des 1. Semesters, soweit sich diese auf die Genauigkeit der Gesamtwiedergabe der vorgesungenen Töne bezieht. Die Buchstaben in der obersten Reihe bedeuten die Beobachter. Links unter J sind die Zwischenzeiten in Sekunden angegeben. Die Kolumne unter Z gibt die Anzahl der Versuche an. Unter *Cma* sind die mittleren konstanten Fehler in Schwingszahlen, unter *Cmr* die mittleren konstanten Fehler in Prozenten der Schwingungszahlen, unter *fm* die reinen variablen Fehler in Schwingungszahlen angegeben. Da bei der Berechnung von *Cm* die Schwingungszahlen der Nachtöne von denen der Vortöne subtrahiert wurden, so bedeutet das Pluszeichen eine Vertiefung, das Minuszeichen eine Erhöhung des nachgesungenen Tones gegenüber dem vorgesungenen. Die Reihe *S*

Tabelle I.

Beobachter: B., R., P.

J	B. Z	B. *Cma*	B. *Cmr*	B. *fm*	R. Z	R. *Cma*	R. *Cmr*	R. *fm*	P. Z	P. *Cma*	P. *Cmr*	P. *fm*
1″	13	+ 0,1	0	0,5	13	— 0,3	— 0,6	2,4	12	— 0,2	— 0,1	0,6
2″	13	— 1,1	— 0,9	1,8	13	+ 1,1	+ 0,3	2,3	14	+ 0,2	+ 0,1	0,8
3″	14	— 0,3	+ 0,1	0,8	12	+ 0,5	— 0,3	4,1	15	+ 0,5	+ 0,2	1,9
4″	17	+ 0,4	+ 0,2	1,6	12	— 1,4	— 4,1	3,8	15	+ 0,2	+ 0,2	1,0
5″	16	+ 0,2	— 0,15	2,1	13	+ 4,3	+ 3,2	4,5	16	+ 0,5	+ 0,15	1,3
7″	18	+ 0,9	+ 0,6	2,0	14	+ 3,7	+ 1,3	7,2	16	+ 0,3	+ 0,2	1,5
10″	14	+ 1,0	+ 0,3	2,2	14	+ 0,2	— 0,3	10,2	16	— 1,4	— 1,2	2,4
15″	16	+ 2,6	+ 2,3	2,7	13	+ 2,7	+ 2,3	6,1	19	+ 0,1	0	2,0
20″	17	+ 0,5	0	2,6	13	— 0,1	— 0,6	5,0	14	+ 3,2	+ 1,3	3,5
25″	14	+ 2,15	+ 1,1	3,2	13	+ 0,9	+ 1,4	17,4	15	+ 2,7	+ 2,2	2,8
30″	16	+ 0,7	— 2,6	3,4	12	+ 7,7	+ 3,1	19,1	15	+ 0,4	— 0,0	2,6
S.	168				142				167			

Es enthalten die Kolumnen
- J die Zwischenzeit.
- Z die Anzahl der Versuche.
- *Cma* den konstanten Fehler in Schwingungszahlen.
- *Cmr* den konstanten Fehler in Prozenten der Schwingungszahlen.
- *fm* den variablen mittleren Fehler in Schwingungszahlen.

bringt die Gesamtsumme der von den einzelnen Beobachtern nachgesungenen Töne.

Es läßt sich bei der geringen Anzahl der Versuche nicht sagen, inwieweit die Unregelmäßigkeiten im Verlauf der mittleren Fehler die drei Beobachter in den zeitlichen Schwankungen der vom Vorton zurückgelassenen Dispositionen ihren Grund haben. Immerhin unterliegt es wohl keinem Zweifel, daß der starke Abfall von R.s Kurve bei 15″ und 20″ und der darauffolgende plötzliche Anstieg bei 25″ und 30″ nicht allein durch zufällige Einflüsse bedingt sein kann, sondern daß sich hier dieselbe Unregelmäßigkeit im glatten Verlauf der Kurven zeigt, die auch die Wolfeschen Versuche in den Zwischenzeiten zwischen 7″ und 20″ aufweisen ebenso wie die späteren Untersuchungen über den Verlauf reproduzierter Vorstellungen — Schwankungen, die auf Oszillationen der Erinnerungstreue zurückgeführt werden müssen[1]).

[1]) Wolfe, a. a. O. S. 555 ff.

Der Wert der erhaltenen Kurven für unsere späteren Untersuchungen liegt darin, daß sie einen allgemeinen Überblick über die Art der zeitlichen Einflüsse auf nachgesungene Stimmtöne gewähren. Sie zeigen

1. die große Präzision, mit welcher vorgesungene Töne überhaupt nachgesungen werden können. Der Wert von *fm* beträgt bei 1″ Zwischenzeit für B. nur 0,5 Schwingungen, für P. 0,6 Schwingungen.

2. Die sehr langsame Abnahme der Präzision bei musikalischen und geübten Beobachtern. Für P. beträgt der höchste Wert von *fm*, der bei 20″ Zwischenzeit liegt, nur 3,5 Schwingungen.

Endlich 3. den großen Einfluß von Anlage und Übung auf die Genauigkeit der Reproduktion. Die musikalischen und geübten Beobachter B. und P. weisen für *fm* in seinem ganzen Verlauf viel kleinere Beträge auf als der weniger geübte und musikalische Beobachter R. Auch das Ansteigen der mittleren Fehler erscheint bei R. im ganzen steiler als bei B. und P.: Während das Verhältnis des höchsten zum kleinsten Betrag von *fm* bei jenem zwischen 8 und 9 liegt, liegt es bei diesen beiden zwischen 5 und 6 [1]).

Bei *Cma* fällt das Vorherrschen des Pluszeichens auf. Obgleich *Cma* überhaupt — wenn man die geringe Versuchszahl in Betracht zieht, welche ein zufälliges Vorherrschen der Tonerhöhung oder Tonvertiefung begünstigt — verhältnismäßig sehr niedere Werte hat, so überrascht die durch das Pluszeichen ausgedrückte bei allen drei Beobachtern hervortretende Tendenz zur Tonvertiefung deshalb, weil durch Untersuchungen auf dem Gebiete der Tonauffassung das Vorherrschen einer starken Tendenz entgegengesetzter Richtung, also zur Erhöhung des gehörten Tons festgestellt ist [2]). Durch diese Ten-

---

[1]) Auch Whipple, Studies in pitch discrimination, Amer. Journ. of Psychology 14 p. 553 ff. konstatiert ein schnelles Abfallen in der Genauigkeit der Wiedererkennung von Tönen bei Unmusikalischen, wenn die Zwischenzeit den Betrag von 4—5 Sekunden überschreitet.

[2]) Cameron, a. a. O. S. 273. — Sehr schnell läßt sich eine derartige Tendenz durch Abstimmen mehrerer Instrumente auf denselben Ton feststellen, wenn immer das zuletzt abgestimmte den Normalton für das folgende abgibt. So fand Stumpf, Tonpsychologie I, S. 303 bei Abstimmung von 15 Violinen eine Erhöhung der letzten gegen die erste von $^1/_8$—$^1/_4$ Ton nach ungefährer Schätzung. Übrigens ist die Tendenz zur Tonerhöhung bei Instrumentalklängen nicht durch alle einschlägigen Versuche bestätigt. Angell, Discrimination of klangs for different intervals of time, American Journal of Psychology XII (Forts.), p. 72, fand bei einem der beiden Be-

denz wird sogar das geschichtliche Höhersteigen der mittleren Tonlage erklärlich. Da sich nun später herausstellen wird, daß der mittlere Fehler beim Nachsingen vorgesungener Töne schon innerhalb der Grenzen des Stimmumfangs ganz bedeutend mit steigender Tonhöhe zunimmt — und da andererseits die Tendenz besteht, hohe Töne beim Nachsingen zu vertiefen, tiefe zu erhöhen —, so könnte man auf die Erklärung kommen, das Pluszeichen rühre von den hohen Tönen her, deren Einfluß, weil der Fehler bei ihnen überhaupt größer ist als bei den tiefen Tönen, auf das Vorzeichen von *Cm* stärker wirke als der im allgemeinen mit dem entgegengesetzten Vorzeichen versehene Fehler der tiefen Töne. Um über diese Möglichkeit zu entscheiden, ist in der Tabelle auch *Cmr* berechnet. Durch die Benutzung der in Prozenten der Schwingungszahlen ausgedrückten Fehler wird ja der stärkere Einfluß der tiefen Töne dann gerade ausgeglichen, wenn der in Schwingungszahlen ausgedrückte Fehler genau proportional der steigenden Tonhöhe zunimmt. (Da seine Zunahme, wie bald gezeigt wird, in Wirklichkeit geringer ist, so werden die hohen Töne gegenüber den tiefen durch die Einführung von *Cmr* in ihrem Einfluß sogar benachteiligt.) Bei *Cmr* ist nun allerdings ein geringes Zurücktreten der Pluszeichen zu bemerken, aber ein Überwiegen der Minuszeichen, aus dem man die Tendenz zur Erhöhung des gehörten Tons ableiten könnte, tritt auch jetzt nicht ein. Es wird später darauf zu achten sein, ob diese Tendenz, deren Fehlen hier auf die geringe Anzahl der Versuche zurückgeführt werden könnte, in den Versuchen des zweiten Semesters hervortritt.

Vorher aber soll noch eine Erscheinung dieser Versuche betrachtet werden, die sich zwar auf den Verlauf des Tons bezieht, aber zu der Gesamthöhe des Nachtons in unmittelbarer Beziehung steht. In der Tabelle Ia sind eine Reihe von Tönen wiedergegeben, die von den Beobachtern B. und P. (linke Kolumne) nach verschiedenen Zwischenzeiten gesungen wurden.

Es sind in dieser Tabelle nämlich alle die Töne zusammengestellt,

---

obachter eine Tendenz zur Vertiefung. Allerdings ist zu beachten, daß sich diese Versuche auf hohe Töne bezogen. Aber Luft, Phil. Stud. IV, S. 539, fand ebenfalls die entgegengesetzte Tendenz und erklärt die Erscheinung, daß der 2. (Vergleichs-) Ton in der Tonhöhe überschätzt wird, durch die größere Intensität des frischeren Eindrucks. Ebenso Wolfe, a. a. O. S. 556.

Tabelle Ia.

Beobachter: B., P.

V.-P.	J																								
P	3″	135	136	136	135	138	137	137	137	135	137	137	137	138	138	138	138	137	137	137	137	137			
B	4″	177	178	177	175	177	180	181	180	181	181	180	183	179	179	181	181	180	180	181	179				
B	4″	303	303	305	302	304	303	306	307	304	308	307	307	310	306	307	307	305	307	308	306	307	306		
B	4″	360	359	361	362	361	362	365	366	364	367	366	367	366	365	367	370	364	366	365					
P	4″	232	235	235	234	234	237	239	239	237	238	237	236	237	236	236	236	237	237	236	237	237			
B	5″	130	133	133	135	134	133	134	135	135	130	132	132	130	131	132	133	132	132	133	131	131			
B	5″	294	298	297	298	300	296	297	296	300	296	296	294	296	297	296	297	297	295	295	297	298	296		
B	5″	284	286	286	287	292	290	290	289	291	290	292	290	289	288	290	291	291	289	289	289	291	291		
B	5″	306	307	305	307	307	305	306	306	303	303	300	300	305	303	304	302	303	302	302	302				
B	7″	114	117	119	117	118	121	122	122	120	121	123	121	120	120	121	122	120	123	120	122				
B	7″	170	172	172	174	171	172	172	176	177	178	176	177	175	178	175	178	176							
P	7″	226	229	227	227	227	227	227	222	224	225	225	225	225	224	224	224	224	224	224	224	224			
B	10″	129	129	132	129	131	130	132	134	135	135	134	137	133	134	135	133	135	136	135	136	135	137	135	
P	10″	100	104	101	101	102	102	104	106	107	106	106	105	106	106	106	106	106	106	106	106	106			
P	10″	351	356	355	355	355	356	355	353	350	346	345	346	346	346	346	346	347	347	345	345				
B	15″	160	163	162	165	162	164	162	165	163	162	165	158	159	162	159	161	157	162	160	162	159	159	162	
B	15″	312	314	319	315	313	317	316	314	319	316	318	315	311	314	312	313	311	315	313	312	314	315		
P	15″	230	232	233	233	233	232	228	229	226	226	226	226	228	228	228	227	227	226	226	226				

Die Kolumne unter J gibt die Zwischenzeiten an.

Die Reihen stellen die Tonhöhe der nach Zehntelsekunden abgegrenzten Einzelstadien des Tonverlaufs dar. Der Querstrich bezeichnet die Stelle der Korrektur.

die in ihrem Verlauf eine dauernde Änderung (Erhöhung oder Vertiefung) aufweisen, die zwar außerordentlich klein, aber doch deutlich wahrnehmbar ist. Die Stelle im Tonverlauf, an welcher die Änderung stattfindet, ist durch einen senkrechten Strich bezeichnet. Sie tritt in den meisten Fällen plötzlich ein — von einer Zehntelsekunde zur nächsten. Nur die Tonschwankungen scheinen unmittelbar nach Eintritt der Änderung etwas stärker zu sein als im sonstigen Tonverlauf (abgesehen vom Tonanfang). — Im übrigen ist die Ausdehnung der beschriebenen Änderungen über die verschiedenen Zwischenzeiten auffällig. Die ganz kurzen Intervalle von ein und zwei Sekunden fehlen ganz, drei Sekunden ist nur in einem Fall bei P. vertreten. Die langen Zwischenzeiten von 20, 25, 30 Sekunden fehlen wieder. Da sich in den Intervallen von 4 bis 15 Sekunden die Fälle bei B. sehr häufen und ferner B. und P. in dem Fehlen der Veränderungen bei kurzen und langen Zwischenzeiten übereinstimmen, so ist eine Zurückführung dieser Verteilung auf zufällige Faktoren nicht angängig. Bei R., dem am wenigsten musikalischen und am wenigsten geübten Sänger, der auch die größten Fehler in der Wiedergabe aufzuweisen hat, fehlen diese Tonveränderungen völlig. Vergleicht man den völligen Ausfall bei R. mit der Häufung bei B., so ist klar, daß es sich hier um individuelle Unterschiede handelt[1]). — Um die Bedeutung des Phänomens klarzustellen, sind die kleinen Tabellen Ib, c, d, e, f angefertigt. Tab. Ib bringt die Verteilung der angegebenen Erscheinung bei B. und P. über die einzelnen Intervalle und ist ohne weiteres verständlich. In Tab. Ic und Id, die sich auf B. und P. beziehen, bedeutet *VT* die Höhe des vorgesungenen Tons, *NT* die Gesamthöhe des Nachtons, p_1 und p_2 die Höhe des Teils vor und nach der Änderung dieses Tons. In Tab. Ie und If stellt fk_1 die Abweichung des ersten Teiles des nachgesungenen Tons, fk_2 die des zweiten Teiles gegenüber der Gesamthöhe des vorgesungenen Tons dar. Die Pluszeichen bedeuten, wie stets, eine Tonvertiefung, die Minuszeichen eine Tonerhöhung gegenüber dem Vorton. — Das zur Vergleichung darübergesetzte *fm* gibt den reinen variablen mittleren Fehler der betreffenden Zwischenzeit. —

[1]) Cameron, a. a. O. S. 284, fand bei Einführung von »Störungstönen« gerade bei Unmusikalischen häufig falsches Einsetzen und nachträgliches Verbessern. Diese Divergenz erklärt sich wohl aus der spezifischen Wirkung der Störungstöne.

Tabelle Ib.

Beobachter: B., P.

J	1″	2″	3″	4″	5″	7″	10″	15″	20″	25″	30″
B.	—	—	—	3	4	2	1	2	—	—	—
P.	—	—	1	1	—	1	2	1	—	—	—

Die Verteilung der Korrekturen auf die verschiedenen Zwischenzeiten. (J bedeutet Zwischenzeit in Sekunden.)

Tabelle Ic.

Beobachter: B.

J	4″			5″				7″		10″	15″	
	1	2	3	1	2	3	4	1	2	1	1	2
V. T.	181,3	307,3	367,4	129,2	292,3	293,9	306,9	117,0	175,1	133,3	157,3	315
N. T.	179,4	305,8	364,4	132,4	289,4	297,4	304,2	120,3	175,0	134	161,6	314,6
p_1	176,6	303,3	360,8	133,6	285,8	298,4	306,1	118,0	171,8	130,3	163,6	316,0
p_2	180,4	306,8	366	131,6	290,2	296,7	302,7	121,2	176,7	136,1	160	313,0

Durchschnittliche Tonhöhe des Vortons (Reihe V. T.), des Nachtons (Reihe N. T.) und seiner beiden Teile (Reihe p_1 und p_2).

Die Reihe J gibt die Zwischenzeiten an.

Tabelle Id.

Beobachter: P.

J	3″	4″	7″	10″		15″
	1	1	1	1	2	1
V. T.	137,7	237,5	224,2	103,7	354,2	226,7
N. T.	136,9	236,4	225,8	104,8	349,0	228,8
p_1	135,5	234,0	227,6	102,0	355,0	232,4
p_2	137,2	237,1	224,9	105,9	346,3	227,3

Siehe Bemerkungen zu Tabelle Ic.

Tabelle Ie.

Beobachter: B.

J	4″			5″				7″		10″	15″	
fm	1,6			2,1				2,0		2,2	2,7	
fk_1	+3,7	−4	+6,6	−4,4	+6,5	−4,5	+0,8	−1	+4,3	+3,0	−6,3	−1,0
fk_2	+0,9	−0,5	+1,4	−2,4	+2,1	−2,8	+4,2	−4,2	−1,6	−2,8	−2,7	+2,0

Vergleich zwischen der Abweichung des nicht korrigierten (Reihe fk_1) und des korrigierten (Reihe fk_2) Teiles des Nachtons vom Durchschnitt des Vortons — und zwischen dem variablen mittleren Fehler (Reihe fm) der betreffenden Zwischenzeit (Reihe J).

Tabelle If.

Beobachter: P.

J	3″	4″	7″	10″		15″
fm	1,9	1,0	1,5	2,4		2,0
fk_1	+2,2	+3,5	−3,4	+1,7	−0,8	−5,7
fk_2	+0,5	+0,4	−0,7	−2,2	+7,9	−0,6

Siehe Bemerkung zu Tabelle Ie.

Aus diesen Tabellen geht die Bedeutung der besprochenen Erscheinung nun unmittelbar hervor: Fast alle Werte von Fk_1 sind ganz bedeutend kleiner als die von Fk_2, *fm* dagegen liegt in den meisten Fällen zwischen beiden Werten. Es handelt sich hier also ganz offenbar um Korrekturen während des Singens. Mit dieser Erklärung stimmt die Aussage der Beobachter auch gut überein. Die Angaben B.s enthalten nämlich in drei der angegebenen Fälle (in Fall 1 bei vier Sek., 1 und 2 bei 7″) einen Hinweis darauf, daß der Ton »schlecht eingesetzt« gewesen sei. — Diese Angabe machte P. einmal (und zwar in Fall 2 bei 10″ Zwischenzeit, also gerade da, wo der Einsatz richtig war, während der Fehler, welcher bei der Korrektur gemacht wurde, weit über die Grenzen von *fm* hinausgeht).

In diesen Fällen wurden die Änderungen also »mit Bewußtsein« vorgenommen. Daraus darf man natürlich nicht schließen, daß sie in den übrigen Fällen »unbewußt« geschahen. Die Beobachter konnten nicht nach der Bewußtheit der mitgeteilten Erscheinung gefragt werden, weil die Tonänderung nicht unmittelbar von uns gehört, sondern erst später beim Abzählen gefunden wurde. — Unter diesen Umständen genügen die spontan von B. in 3 (sich vor den anderen in keiner Weise auszeichnenden) Fällen und von P. in einem Falle gegebenen Hinweise, um annehmen zu können, daß der Vorgang jedesmal die Schwelle des Bewußtseins überschritten habe.

Es interessieren zunächst die Vorzeichen von fk_1 und fk_2. Sie wechseln bei fk_1 in bunter Reihenfolge. Die Verbesserungen treten also ebenso bei zu tiefem wie bei zu hohem Einsatz des Tones auf. Dagegen wechseln die Vorzeichen zwischen fk_1 und fk_2 bei B. nur zweimal, bei P. auch zweimal. Eine Tendenz den begangenen Fehler in sein Gegenteil zu verkehren, wie sie nach der Theorie der psychischen Kontraste wahrscheinlich erscheinen könnte und auch durch die Cameronschen[1]) Versuche nachgewiesen ist, läßt sich also aus den vorgelegten Resultaten nicht ableiten. Die meisten Fälle lassen vielmehr nur eine Annäherung der Höhe des Nachtons an die des Vortons erkennen. Hervorzuheben sind noch die Fälle, in denen die Änderung eine Vergrößerung des Fehlers mit sich führt. B. hat dreimal die Abweichung durch die beschrie-

[1]) a. a. O. S. 289.

benen Änderungen vergrößert: Im dritten Ton bei 5″, im ersten Ton bei 7″ und im zweiten Ton bei 15″ Zwischenzeit. In den beiden ersten Fällen wurde die Vergrößerung der Abweichung durch direkte Abänderung nach falscher Richtung herbeigeführt, während der letzte Fall ein starkes Hinausgehen über die Tongleichheit nach der der ursprünglichen Abweichung entgegengesetzten Richtung repräsentiert. Hier war also die Richtung der Änderung zunächst nicht falsch, nur die viel zu weite Ausdehnung derselben vergrößerte den Fehler. Bei P. bestehen die beiden Veränderungen bei 10″ in einer Verschlechterung der letzten Art. — Endlich ist die Zeit des Eintritts dieser Veränderungen im Verlauf des Tons noch hervorzuheben, die an den Querstrichen der Tabelle Ia leicht abzulesen ist. Sie schwankt zwischen vier und zwölf Zehntelsekunden. Diese Zeit scheint mit wachsenden Zwischenzeiten zuzunehmen, wenigstens sind die kürzesten Zeiten von vier Zehntelsekunden nur in den Zwischenzeiten von drei und fünf Sekunden und die von fünf Zehntelsekunden in den Zwischenzeiten von vier und sieben Sekunden enthalten, während die ganz langen Zeiten von elf und zwölf Zehntelsekunden nur bei 15 Sekunden Zwischenzeit vorkommen.

Wie ist diese Erscheinung nun psychologisch zu erklären? Man könnte die Tatsache, daß im allgemeinen Bewußtseinserlebnisse leichter wiedererkannt als reproduziert werden, als Analogon heranziehen, und könnte sagen: die geschaffene Disposition reichte nicht mehr aus, um den Vorton mit genügender Genauigkeit reproduzieren zu können; dagegen genügte sie noch, um den schlecht reproduzierten Ton als falsch wiedererkennen und demgemäß verbessern zu können. Damit wäre der Vorgang aber nur intellektualistisch umschrieben; auch wäre die Interpretation direkt falsch: denn eine Reproduktion ohne Wiedererkennen liegt hier auch beim Einsetzen des Tons gar nicht vor. Für diese Erscheinung, die Erneuerung ohne Wiedererkennung, ist oben ein Beispiel angegeben[1]). In dem vorliegenden Falle ist es gar nicht möglich, die Wiedererkennung von der Reproduktion psychologisch zu trennen. Man darf den Beobachter hier nicht gleichsam in zwei Teile zerlegen, von denen der eine mit einem »Reproduktionsgedächtnis« ausgerüstete beim Einsetzen des

[1]) S. 16.

Tons, der andere mit einem »Wiedererkennungsgedächtnis« ausgestattete hingegen erst kurze Zeit nachher in Funktion tritt und den als falsch »wiedererkannten« Ton des ersten Teils nun seinerseits korrigiert. — Dagegen ist es möglich, die Korrektur auf das Anhören des eigenen Tons zurückzuführen. Die kürzeste Zeit von $^4/_{10}$ Sek. genügt vollkommen, um eine derartige Erklärung zu rechtfertigen. Im übrigen wird die Bedeutung der Artikulationsempfindungen und des Gehörs für die Abmessung der Tonhöhe beim eigenen Singen an der Hand später mitzuteilender Ergebnisse noch eingehend besprochen. Hier genügt deshalb die Feststellung, daß eine Rückführung der besprochenen Tonänderungen auf das Hören des Tons wohl möglich, aber nicht notwendig ist. Es ist nämlich noch eine andere Erklärung angängig: Mit der Tätigkeit des Nachsingens ist eine Anregung des Bewußtseins verbunden, welche eine Stärkung der vorhandenen Dispositionen des gehörten Tons mit sich bringt. Als physiologisches Analogon dieser Erscheinung ist die Erregbarkeitssteigerung des Nerven während einer Reizwirkung herbeizuziehen[1]), welche Wundt als das Elementarphänomen der Übung bezeichnet. Zerlegt man den Begriff der elementaren Übung, indem man die Funktionssteigerung während der Ausübung der Funktion trennt von der Funktionssteigerung nach vorangegangener Funktion unter Einschiebung einer zur Erholung dienenden Ruhezeit, so wird man die vorliegende Erscheinung als unmittelbares Analogon des erwähnten physiologischen Phänomens bezeichnen können[2]). Der Begriff der Analogie ist eigentlich ein zu schwacher Ausdruck für die zwischen beiden Erscheinungen bestehende Beziehung. — Man muß sich aber gegenwärtig halten, daß mit der Reproduktion von Tönen sehr komplizierte physiologische Vorgänge verbunden sind, im Vergleich mit denen die physiologischen Vorgänge bei Reizung eines Nerven relativ einfacher Natur sind. Deshalb würde man wieder zu weit gehen, wenn man die Erregungssteigerung des Nerven einfach als die physiologische Seite des besprochenen psychischen Phänomens bezeichnen wollte.

---

[1]) Wundt, I[6], S. 112 f.

[2]) Über »Einarbeitung« und »Vertiefung« (Steigerung der Leistung während der Arbeit) cfr. W. Wirth, Experimentelle Analyse der Bewußtseinsphänomene 1908, S. 235 ff.

Man kann noch die Frage aufwerfen, weshalb diese durch Ausübung einer Funktion herbeigeführte Funktionssteigerung nicht stets — oder wenigstens öfter und regelmäßiger eine Verbesserung des begonnenen Tons zur Folge hat, weshalb sie nach bestimmten Zwischenzeiten offenbar leichter auftritt als nach anderen. Diese Frage ließe sich vielleicht beantworten durch Aufsuchen derjenigen psychischen Hemmung, welche der bezeichneten Dispositionssteigerung das Gleichgewicht hält und die Tendenz, den einmal angefangenen Ton in derselben Höhe fortzusingen, psychologisch bedingt. Man wird dafür die assimilierende Wirkung des nachgesungenen Tons selber verantwortlich machen dürfen, die innerhalb der Grenzen der Genauigkeit, in welchen die Kontrastwirkung noch ausgeschlossen ist, sich überall geltend macht [1]). Diese Grenzen werden natürlich um so weiter, je mehr die Dispositionen des zu assimilierenden psychischen Erlebnisses bereits geschwächt und abgeblaßt sind. Hierdurch erklärt sich zum mindesten das eigenartige Ausbleiben der Korrekturen bei größeren Zwischenzeiten als 15″. Außerhalb dieses Intervalls wird die vom gehörten Ton zurückgebliebene Disposition so schwach, daß auch die Steigerung, welche sie durch die Tätigkeit des Nachsingens erfährt, nicht mehr hinreicht, um die assimilierende Wirkung des Nachtons zu übertreffen. In den ganz kurzen Zwischenzeiten dagegen von einer bis zwei resp. drei Sekunden ist die Disposition des gehörten Tons ohnehin so stark, daß die bei seiner Reproduktion einsetzende Aktivität keine wesentliche Stärkung, mithin auch keine Korrektur mehr herbeiführen kann. Nur in den mittleren Zwischenzeiten, in welchen die Dispositionen des gehörten Tons durch den schwächenden Einfluß der Zeit schon eine gewisse Einbuße erlitten haben, aber doch noch nicht so schwach sind, um der assimilierenden Wirkung des gesungenen Tons allzuleicht zu verfallen, führt die aufrüttelnde Wirkung des impulsiven Reproduzierens (impulsiv im Gegensatz zur bloß inneren Vor-

[1]) Cfr. hierzu Phys. Psych. I[6], S. 576, 577 (a, b, c). Felix Krueger, Psych. Stud. I, S. 351 ff., besonders S. 353, hat dem Ausdrucke »Assimilation« (»resultative Angleichung«) die erweiterte Bedeutung gegeben, von welcher hier Gebrauch gemacht ist. Siehe auch S. 48. — In der neuesten Auflage des II. Bandes der Physiologischen Psychologie S. 47 ist ein Beispiel für angleichende Beeinflussung gegenwärtiger Sinnesvorstellungen aufeinander ebenfalls als Assimilation bezeichnet.

stellungsreproduktion) bisweilen zu einer Korrektur während des Singens.

Die Verlängerung der Zeit bis zum Eintritt der Korrektur mit Steigerung der Zwischenzeit bestätigt wohl die auch sonst vielfach konstatierte Tatsache, daß das Inaktiontreten der Dispositionen um so länger dauert, je schwächer sie sind [1]). — Ein Analogon dieser Korrektur während des Tons findet sich in den Versuchen Camerons [2]). Das Fußstampfen, durch welches Cameron unmittelbar vor dem Einsetzen des Nachtons die Sicherheit seiner Beobachter auf die Probe stellte — (und in einigen Fällen auch der während des Singens mittönende »Störungston«) beeinflußte, wie C. schreibt, nur den ersten Teil des Tons. Also findet auch hier eine Verbesserung des Tons während des Singens nach der Einwirkung dispositionsschwächender Einflüsse statt, die bei Cameron von dem Fußstampfen und den Störungstönen, in diesen Versuchen dagegen von der Verlängerung der Zwischenzeit herrührten.

2. Bei verschiedenen Lautkombinationen.

Im zweiten Semester waren Beobachter die wieder mit den Anfangsbuchstaben ihrer Namen zu bezeichnenden Herren Gutzmann, Sander, Wagner, die alle drei ein sehr feines »musikalisches Gehör« hatten und im Singen wie im Beherrschen musikalischer Instrumente geübt waren. Die Tatsache, daß sie die Grenzen von 110 bis 380 Schwingungen, in denen die Töne vorgesungen wurden, auch in den Experimenten mit selbstgesungenen Vortönen einigermaßen ausfüllen konnten, beweist, daß sie alle drei über eine mittlere Stimmlage verfügten. (Übrigens sind alle Töne, welche diese Grenzen nach der einen oder anderen Seite beträchtlich überschritten, fortgelassen, weil ihr Vorkommen so sporadisch war, daß sie über die in anderen Tonlagen etwa herrschenden Gesetzmäßigkeiten keinerlei Aufschluß geben konnten.)

(Im übrigen erklärt sich die im ersten wie im zweiten Semester nicht ganz gleichförmig gestaltete Versuchsverteilung daraus, daß

---

[1]) Cfr. z. B. Radoslawow, Untersuchungen über das Gedächtnis für räumliche Distanzen des Gesichtssinnes, Phil. Stud. XV, S. 318 f. Die Vergleichsbilder mußten den V. P. n. um so länger dargeboten werden, je länger die Zwischenzeit war.

[2]) a. a. O. S. 289.

einige Kurven, die beim Experimentieren als gültig angesehen und mitgezählt wurden, nachträglich wegen der Unmöglichkeit, sie abzuzählen, als untauglich verworfen werden mußten.)

Bezüglich des im 2. Semester innegehaltenen Versuchsverfahrens können wir auf die Darstellung S. 12f. verweisen.

Wir wollen der Kürze wegen folgende Bezeichnungen gebrauchen. Die Gruppe mit fremdem Vorton, welche nur den vor- und nachgesungenen Laut *a* enthält, soll durch die Bezeichnung *A a* von der Gruppe mit derselben Lautkombination, aber eigenem Vorton, *a a*, geschieden werden. Der große Buchstabe bedeutet also stets fremden Vorton. Unter den Versuchen mit eigenem Vorton sollen die Gruppen *aa*, *ii*, *uu* als lautidentische den Gruppen *i u*, *u i*, als lautverschiedenen gegenübergestellt werden.

Tabelle II.

Beobachter: G., S., W.

	G.			S.			W.		
L	Z	*Cm*	*fm*	Z	*Cm*	*fm*	Z	*Cm*	*fm*
A a	78	+0,3	2,0	82	+0,2	1,6	82	+0,2	2,1
a a	36	0,0	1,4	44	+0,3	1,2	44	+0,2	1,2
i i	44	−0,2	1,1	58	+0,1	1,0	54	0,0	1,1
u u	47	+0,8	1,6	57	−0,1	1,1	53	+0,1	1,1
i u	44	−1,0	1,8	61	−0,3	1,1	55	0,0	1,9
u i	42	+1,0	1,6	61	+0,6	1,2	54	+0,5	1,5

Es enthalten die Kolumnen
- L die Lautkombination.
- Z Anzahl der Versuche.
- *Cm* konstante Fehler in Schwingungszahlen.
- *fm* variable mittlere Fehler in Schwingungszahlen.

(*A a* bedeutet: fremder Vorton.)

Tabelle II teilt wieder die bei der Wiedergabe der durchschnittlichen Tonhöhe begangenen Fehler mit. Die Kolumne unter *L* gibt die Lautkombinationen an, die unter *Z* die Anzahl der Versuche, unter *Cm* den konstanten mittleren Fehler, unter *fm* den reinen variablen mittleren Fehler. In dieser Tabelle fällt neben den geringen Werten von *fm* überhaupt, die sich in den Grenzen von 1,0 bis 2,1 Schwingungen bewegen, die geringe Abweichung der Durchschnittsgröße von *fm* bei den einzelnen Beobachtern auf. Beide Erscheinungen finden ihre Erklärung wohl darin, daß die drei Beobachter, welche sich zu diesen Versuchen zur Verfügung stellten, sehr musikalisch und in der Auffassung von Tonhöhen sehr geübt waren.

Für *Cm* finden wir auch hier wieder wie bei den Versuchen des 1. Semesters eher ein Vorherrschen des Plus- als des Minuszeichens; d. h. eher eine Tendenz zur Vertiefung als zur Erhöhung des gehörten resp. vorgesungenen Tons. Es scheint danach so, als ob die sonst festgestellte entgegengesetzte Tendenz bei vorgesungenen Tönen (einerlei, ob der Beobachter selber, oder ein fremder die Töne vorsingt) fehlte [1]; — freilich ist zu bedenken, daß es sich hier nur um die für exakte Tonwiedergabe sehr günstige Zwischenzeit von 3″ handelt, bei welcher die Tendenz zur Tonerhöhung überhaupt noch nicht bemerkbar zu werden brauchte. —

Vergleicht man nun die mittleren Fehler der verschiedenen Lautkombinationen untereinander, so findet man bei allen drei Beobachtern übereinstimmend ein Hervorragen des auf die Lautkombination *A a* (fremder Vorton) bezüglichen mittleren Fehlers gegenüber allen übrigen. — Daß diese Erscheinung zufälliger Natur sei, ist deshalb ausgeschlossen, weil die verschiedenen Lautkombinationen mit eigenem Vorton eine Parzellierung dieser Gruppe in fünf Untergruppen bedingen, deren mittlere Fehler alle durch den mittleren Fehler der Gruppe mit fremdem Vorton übertroffen werden. (Übrigens wurde die Anzahl der Versuche dieser Gruppe wegen ihrer isolierten Stellung ungefähr aufs doppelte der auf jede der übrigen Lautkombinationen entfallenden Versuche gebracht; wie aus den unter *Z* angegebenen Zahlen ersichtlich ist.) Der andere Bestandteil des rohen mittleren Fehlers, der konstante Fehler *Cm* ragt nicht in derselben Weise in der Gruppe *A a* über die übrigen hinaus. Das Vorzeichen ist zwar bei allen drei Beobachtern dasselbe, und zwar positiv, — ein Fall, der sonst nur in Gruppe *u i* vorkommt, aber der absolute Betrag ist verhältnismäßig gering. Dagegen findet sich bei G. unter den Gruppen mit eigenem Vorton, nämlich bei *i i* und *i u*, das Minuszeichen. Diese beiden Lautkombinationen haben bei W. ebenfalls das algebraisch kleinste *Cm*, nämlich *O, O* gegenüber lauter positiven Werten in den anderen Gruppen; bei S. hat *i u* wieder den algebraisch kleinsten, *i i* den drittkleinsten Wert.

Für die relativ starke Erhöhung des Nachtons (das bedeuten ja die algebraisch kleinen Werte von *Cm*) bei *i i* finden wir keine Er-

---

[1] Cfr. Anm. 2 S. 30.

klärung. Übrigens tritt diese Tendenz bei *i u* auch ganz bedeutend stärker und übereinstimmend bei allen drei Beobachtern hervor, während S. in der Gruppe *u u* einen größeren konstanten Fehler aufweist als in der Gruppe *i i*. Man darf danach wohl vermuten, daß das geringe Hervortreten von *i i* nach dieser Richtung bei zwei Beobachtern zufälliger Natur sei. Das bei weitem stärkste Hervortreten von *Cm* (*i u*) nach der negativen Seite findet sein Gegenstück in der ebenso starken Neigung von *Cm* (*u i*) nach der positiven Seite. Bei allen drei Beobachtern hat *Cm* (*i u*) den algebraisch kleinsten, *Cm* (*u i*) den algebraisch größten Wert. — Betrachten wir endlich auch noch die verschiedenen Werte von *fm* innerhalb der Gruppen mit eigenem Vorton, so zeigt sich bei W. ein starkes Hervorragen des konstanten Fehlers in den Gruppen (*i u*) und (*u i*) von denen *fm* (*i u*) das *fm* (*A a*) bei demselben Beobachter fast erreicht. Auch bei G. gehört das *fm* dieser beiden Lautkombinationen mit *fm* (*u u*) zu den größten innerhalb der Gruppe mit eigenem Vorton. Bei S. dagegen unterscheiden sich *fm* (*i u*) und *fm* (*u i*) nicht wesentlich von den anderen. — Danach darf man eine geringe Vergrößerung des reinen variablen Fehlers mit Vokalwechsel wohl als wahrscheinlich betrachten.

Da sich sonstige Regelmäßigkeiten aus der Tabelle nicht ablesen lassen, soll wieder der Versuch gemacht werden, die festgestellten Tatsachen zu deuten. Das Hervorragen des reinen variablen Fehlers in der Gruppe mit fremdem Vorton gegenüber den anderen Gruppen zeigt unmittelbar, daß die durchgeführte Artikulation einen günstigen Einfluß auf die Genauigkeit der Wiedergabe ausübt. Dies Resultat war wohl zu vermuten, aber nicht selbstverständlich. In den Versuchen Pohlmanns[1]), welche sich auf die Einprägung komplexer Gebilde bezogen, ist festgestellt, daß im allgemeinen gleichzeitig akustische, motorische und visuelle Auffassung eines Gegenstandes schwächere Dispositionen hinterläßt als eine einzige der genannten Darbietungsarten. Beim eigenen Vorsingen handelt es sich auch um gleichzeitig akustische und motorische Darbietung

[1]) A. Pohlmann, Experimentelle Beiträge zur Lehre vom Gedächtnis, Berlin 1906, S. 145 ff., besonders 155. Es handelt sich hier allerdings um Massenuntersuchungen, welche nach der eigenen Ansicht des Verfassers nicht so sichere Resultate zu liefern pflegen, wie Laboratoriumsversuche an einzelnen Beobachtern.

eines Tons. Aber die Auffassung und Einprägung psychischer Elemente untersteht eben ganz anderen Bedingungen als die Apperzeption komplexer Vorstellungsverbindungen; vor allem ist das Verhalten der Aufmerksamkeit in beiden Fällen ganz verschieden. Die in den Pohlmannschen Versuchen festgestellte Verschlechterung der Reproduktion bei gleichzeitiger Anwendung aller drei Darbietungsarten hat aber wahrscheinlich gerade in der Teilung der Aufmerksamkeit ihren Grund. —

Der hervorgehobene günstige Einfluß der Artikulation auf die Tonwiedergabe bezieht sich nur auf die Artikulation des Kehlkopfes, von welcher die Töne des Stimmklangs ja allein abhängig sind. Immerhin erhebt sich die Frage, ob nicht auch die »Artikulation der Mundhöhle« die Tonwiedergabe irgendwie beeinflusse; wie schon früher angedeutet, könnte beim Lautwechsel entweder die Änderung der im Vokal enthaltenen Klangelemente oder die Umstellung der Artikulationsorgane die Wiedergabe gegenüber lautidentischer Reproduktion verschlechtern. Da aber die Artikulationsbewegungen der Mundhöhle die Klanghöhe gar nicht beeinflussen [1]), so könnte eine von ihnen ausgehende beim Lautwechsel eintretende ungünstige Wirkung auf die Tonwiedergabe nie eine Ablenkung nach bestimmter Richtung, also weder eine Tendenz zur Tonerhöhung noch eine

[1]) Eine Beeinflussung der Klanghöhe durch Artikulationsbewegungen der Mundhöhle wäre denkbar a) unmittelbar durch die mit diesen Bewegungen verbundene Verkürzung resp. Verlängerung, Erweiterung resp. Verengerung des Ansatzrohrs, b) durch eine Veränderung der Stimmbänderspannung selbst infolge von Mitbewegungen der Kehlkopfmuskeln. Die erste Möglichkeit wird von den Physiologen auf Grund umfangreicher Experimente mit membranösen Zungen verneint 1. wegen der relativ großen Masse der schwingenden Stimmbänder, 2. wegen der großen Nachgiebigkeit der Wände des Ansatzrohrs. Cfr. Grützner, Physiologie der Stimme und Sprache in Hermanns Handbuch der Physiologie 1879; II. Teil, 1. Band, S. 36 Abschnitt 2, S. 71; S. 81 letzter Abschnitt. Ferner Hermann, Lehrbuch der Physiologie, 13. Aufl. 1905, S. 200. Tigerstedt, Lehrbuch der Physiologie des Menschen, II^{IV} 1908, S. 167 ff. Gutzmann, a. a. O. Für die zweite Möglichkeit gibt Sievers, Grundzüge der Phonetik, 5. Aufl. 1901, S. 98, § 254 ein auf Selbstbeobachtung beruhendes Beispiel an. Danach liegt die Tonhöhe der »ungespannten Vokale« etwas tiefer als die der »gespannten« Vokale wegen Übertragung der Zungenspannung im letzten Fall auf die Kehlkopfmuskeln. Für uns kommt diese Möglichkeit, die durch Aufzeichnung der Sprechmelodie experimentell nachgeprüft werden könnte, deshalb nicht in Betracht, weil die beiden von uns benutzten Vokale *i* und *u*, um deren verschiedene Tonhöhe es sich handelt, zu den »gespannten« Vokalen gehören.

solche zur Tonvertiefung herbeiführen, sondern es könnte durch die beim Lautwechsel notwendigen Umstellungen der betreffenden Artikulationsorgane höchstens eine allgemeine Verschlechterung der Tonwiedergabe, ohne Bevorzugung einer bestimmten Richtung herbeigeführt werden. Die etwaige Tendenz zur Erhöhung oder Vertiefung bei bestimmtem Vokalwechsel kann daher nur zurückgeführt werden auf irgendwelche simultane Assoziationen, welche die klanglichen Bestandteile der betreffenden Vokale mit der Höhe des gesungenen Tons eingehen.

Nun ist das Maß der allgemeinen Verschlechterung der reine variable Fehler *fm*, das Maß für die Ablenkung der Tonwiedergabe nach einer bestimmten Richtung aber *Cm*. Also den im rohen mittleren Fehler *Fm* steckenden konstanten Fehler *Cm* müssen wir (soweit er durch den Vokalwechsel bedingt ist) auf den Einfluß der verschiedenen Klangelemente wechselnder Laute zurückführen. Von dem außerdem in *Fm* enthaltenen, in der Tabelle angegebenen reinen variablen *fm* dagegen kann man nicht wissen, inwieweit seine Vergrößerung bei Vokalwechsel durch den Wechsel der Artikulationsstellungen oder durch den Wechsel der mit den verschiedenen Lauten verbundenen Klangelemente bedingt ist. Nun war festgestellt, daß *Cm* in der Lautkombination *i u* überall das Minuszeichen, *Cm* (*u i*) dagegen das Pluszeichen hatte; das heißt *u* nach *i* wird erhöht, *i* nach *u* vertieft, oder *u* wird stets relativ höher gesungen als *i*, damit seine Tonhöhe der des *i* gleich erscheine, oder: *u* wird beim Singen zu tief, *i* zu hoch geschätzt. Nach den obigen Darlegungen ist diese Erscheinung allein auf die in den Vokalen enthaltenen klanglichen Bestandteile zurückzuführen; welche die Klangvorstellung selbst assimilativ beeinflussen und dadurch — wenn sie wie beim *u* relativ tief sind, ein Zutiefschätzen — wenn sie wie beim *i* relativ hoch sind, dagegen ein Zuhochschätzen des Tons bedingen. Die Vergrößerung des reinen variablen Fehlers *fm* beim Lautwechsel, die nach der Tabelle wahrscheinlich ist, kann dagegen sowohl durch die Umstellung der Artikulationsorgane als auch durch die Veränderung der akustischen Bestandteile beim Lautwechsel hervorgerufen sein.

Da an die hier festgestellten Tatsachen später bei Betrachtung des Tonverlaufs in Verbindung mit anderen Erscheinungen weitere

Folgerungen geknüpft werden sollen, seien sie noch einmal zusammengezogen:

Die Wiedergabe eines Stimmklangs durch Nachsingen wird begünstigt durch eigene Artikulation, beeinträchtigt durch die assimilative Wirkung der im Vokal enthaltenen »Formanten« auf die Klangvorstellung selbst bei Vokalwechsel.

Herr Prof. Sievers hatte die Liebenswürdigkeit, darauf aufmerksam zu machen, daß ein konstanter Fehler beim Lautwechsel zwischen *i* und *u* eventuell statt auf die in den Vokalen enthaltenen klanglichen Elemente, auf die Verschiebungen des Kehlkopfes zurückzuführen wäre, die sowohl mit dem Singen hoher und tiefer Töne als auch mit der Artikulation von *i* und *u* verbunden sind.

Ein experimenteller Nachweis, inwieweit dieser von uns nur bei anderer Gelegenheit (S. 93, Anm. 1) berücksichtigte Faktor neben dem oder für den Einfluß der klanglichen Elemente der Vokale in Betracht käme, läßt sich aus unseren Ergebnissen nicht ableiten. Um die Frage experimentell zu entscheiden, wäre es zunächst förderlich (worauf Herr Geheimrat Sievers ebenfalls hinwies), festzustellen, ob der betreffende Beobachter mehr dem »motorischen« oder dem »akustischen« Typ angehörte. Aus der Tatsache, daß unsere drei in Betracht kommenden Beobachter den eigenen Vorton genauer wiedergaben als den fremden, scheint hervorzugehen, daß für sie das motorische Moment jedenfalls nicht ohne Bedeutung war. Es wäre sehr wohl denkbar, daß bei anderen weniger »motorisch« veranlagten Beobachtern diese günstige Wirkung eigenen Vorsingens fortfiele.

Da sich außerdem mit dem Singen hoher Töne keineswegs stets eine Aufwärtsbewegung, — tiefer Töne eine Abwärtsbewegung des Kehlkopfs verbindet (wie mit den Vokalen *i* resp. *u*), vielmehr die Ausbildung der Singstimme eine starke Veränderung oder völlige Aufhebung dieser Bewegungen im Gefolge hat — da sogar Bewegungen des Kehlkopfes in entgegengesetzter Richtung beobachtet sind (nach den Untersuchungen von E. Barth, H. Gutzmann und Flatau; cfr. Gutzmann, Phys. der Stimme und Sprache 1909, S. 154, 155) so müßte ein exaktes Versuchsverfahren ebenfalls die Bewegungen des Kehlkopfes mit aufzeichnen (z. B. durch Verbindung des Kehltonschreibers von Krueger und Wirth mit dem Laryngoskop von Zwaardemaker, wie bei Gutzmann, a. a. O. S. 149 angegeben).

Würde dann auch bei fremdem Vorton der Lautwechsel zwischen *i* und *u* eingeführt, und stellte sich dabei heraus, daß bei motorisch veranlagten Beobachtern mit starker Kehlkopfbewegung in den Fällen fremden Vortons der konstante Fehler fortfiele, so wäre damit wohl einwandfrei der Nachweis erbracht, daß bei diesen Beobachtern die in *i* und *u* enthaltenen klanglichen Elemente keinen Einfluß auf die Ge-

nauigkeit des Nachsingens ausüben, und daß an ihre Stelle die Bewegungen des Kehlkopfs treten müssen.

Wenn wir ohne einen derartigen experimentellen Nachweis annehmen, daß bei unseren Beobachtern der Einfluß der Kehlkopfbewegungen auf den konstanten Fehler hinter dem Einfluß der klanglichen Elemente weit zurücksteht, so haben wir dazu folgenden Grund:

Eine konstante Abweichung des Nachtons *i* nach dem eigenen Vorton *u* und umgekehrt könnte

1. direkt durch die Bewegungen des Kehlkopfs, die mit dem Vokalwechsel verbunden sind, herbeigeführt werden, wenn unmittelbar physikalisch mit dem Aufwärtsschieben eine Tonvertiefung verbunden wäre. Eine derartige Tonänderung könnte wieder auf die beiden in Anmerkung 1 S. 43 angeführten Arten stattfinden.

Wir halten einen Einfluß dieser beiden Arten auf die Tonhöhe aus den in Anm. 1 S. 43 gegebenen Gründen für ausgeschlossen. Wäre er trotzdem vorhanden, so müßte die Aufwärtsbewegung des Kehlkopfes im Vokal *i* bei gleichbleibender Innervation der Stimmuskeln zu einer Erhöhung des Nachtons *i* gegenüber dem eigenen Vorton *u*, die umgekehrten Verhältnisse zu einer Vertiefung des Nachtons *u* gegenüber dem eigenen Vorton *i* führen. — Diese Erhöhung resp. Vertiefung würde kaum durch einen anderen Faktor erklärbar sein als eben durch die Bewegungen des Kehlkopfes.

Nun führten unsere Versuche aber gerade zu den entgegengesetzten Ergebnissen:

i nach *u* wurde nicht erhöht, sondern vertieft, *u* nach *i* wurde nicht vertieft, sondern erhöht wiedergegeben. Dies Resultat kann also unter keinen Umständen eine unmittelbar physikalische Wirkung der Aufwärts- resp. Abwärtsbewegung des Kehlkopfs bei den Vokalen *i* und *u* sein, sondern

2. es läßt sich nur auf psychologische Faktoren zurückführen, welche in folgender Weise eine assimilative Angleichung des Empfindungskomplexes des Vortons bedingen könnten:

Nimmt man an, daß jede Tonhöhe des Stimmklangs bei lautlicher Indifferenz (Laut *a*) mit einer bestimmten Höhenstellung des Kehlkopfes verbunden ist (nach Gutzmann, a. a. O. S. 154/55 scheint diese Verbindung allerdings nicht sehr fest zu sein), so wird durch die Aufwärtsbewegung im Vokal *i* dem Kehlkopf eine Stellung gegeben, welche nicht ganz der intonierten, sondern einer etwas höheren Stelle der Tonskala entspricht, — während im Vokal *u* die Verhältnisse umgekehrt liegen. Diese zu hohe resp. zu tiefe Stellung des Kehlkopfes aber wirkt assimilativ zunächst auf diejenigen Elemente des Empfindungskomplexes, welche am engsten mit den an die Stellung des Kehlkopfes geknüpften Tastempfindungen zusammenhängen, also hier auf die Spannungsempfindungen der Kehlkopfmuskeln — in der Weise, daß ihr tatsächlicher Kontraktionsgrad in der Vorstellung demjenigen, welcher der Kehlkopfhöhe bei lautlicher Indifferenzlage genau entsprechen würde, um ein gewisses kleines Stück angeglichen wird; d. h. es scheint beim Stimmklang *i* so, als ob der

Kontraktionsgrad etwas stärker — beim *u*, als ob er etwas schwächer wäre, als er wirklich ist. Diese Angleichung führt naturgemäß durch weitere assimilative Beeinflussung des ganzen auf die Tonhöhe bezüglichen Empfindungskomplexes ein Zuhochschätzen des *i*, Zutiefschätzen des *u* herbei; und die Folge davon ist die festgestellte Vertiefung des *i* nach *u*; Erhöhung des *u* nach *i*. Mit anderen Worten: Der in Betracht kommende Einfluß der Kehlkopfbewegung ist ganz derselben Art wie der Einfluß der klanglichen Elemente in *i* und *u*.

Nun ist der assimilative Einfluß der einzelnen Elemente eines Empfindungskomplexes aber ganz wesentlich abhängig von der Stärke, in welcher sie sich dem Bewußtsein aufdrängen (cfr. S. 77). Die drei Beobachter erklärten aber übereinstimmend, daß sie beim Singen von *i* und *u* in derselben Tonhöhe keinerlei Änderungen im Kehlkopf bemerken könnten. (Ein Beobachter meinte, es schiene ihm zuweilen so, als ob beim *u* der Kehlkopf sich aufwärts, beim *i* sich abwärts bewege; eine Täuschung, die wahrscheinlich auf assoziative Übertragung der Lippenbewegungen auf den Kehlkopf zustande kam.) Nun entstehen beim Singen von *i* und *u* in derselben Tonhöhe keinerlei Empfindungen, mit denen die an die Verschiebungen des Kehlkopfes geknüpften eine so enge Verschmelzung eingehen könnten, daß sie eben wegen dieser Verschmelzung nicht isoliert wahrnehmbar wären. (Die Verschmelzung mit den Empfindungen der Lippenbewegungen kann wegen der großen örtlichen Trennung der Organe und der Unabhängigkeit der Lippenbewegungen im allgemeinen nicht stark sein.) Wenn also ein Beobachter erklärt, er merke beim Vokalwechsel keinerlei Veränderung im Kehlkopf, so ist dies Resultat der Selbstbeobachtung nicht auf eine etwaige Verdeckung der betreffenden Empfindungen durch andere mit ihnen eng verschmolzene zurückzuführen, sondern es bleibt nur die Annahme übrig, daß die Empfindungen, welche durch Verschiebung des Kehlkopfes beim Wechsel zwischen *i* und *u* entstehen, in bemerkbarem Grade nicht vorhanden waren. —

Eine etwaige assimilative Beeinflussung von seiten solcher unmerklicher oder eben merklicher Empfindungen scheint uns gegenüber der assimilativen Wirkung der klanglichen Elemente in *i* und *u* kaum in Betracht zu kommen. Denn die klanglichen Elemente stehen bei der Unterscheidung der Vokale *i* und *u* im Vordergrunde: Auch ohne daß jemand irgendwelche Kenntnis hat von den Faktoren, welche einen Vokal bestimmen, wird er stets ohne weiteres erklären, daß *i* »der höhere«, *u* »der tiefere« Laut sei, — weil eben *i* höher, *u* tiefer klinge. —

So wie unsere Ergebnisse liegen, scheint uns demnach der Einfluß der Kehlkopfbewegungen — wenn er überhaupt vorhanden ist — auf jeden Fall gegenüber dem Einfluß der klanglichen Elemente vernachlässigt werden zu können, weil dieser viel stärker sein muß. Es ist aber wahrscheinlich, daß jener assimilative Einfluß bei Beobachtern, welche nach Anlage und Übung geringe Verschiebungen des Kehlkopfs stark empfinden, weniger hinter der Einwirkung der klanglichen Elemente zurücksteht oder sie sogar übertreffen kann.

(Bei der Bevorzugung hoher Töne auf *i* (siehe S. 93), tiefer Töne auf *u*, die von uns auf die Kehlkopfbewegung zurückgeführt wurde, liegen

die Verhältnisse natürlich ganz anders: Es ist schwierig und unbequem, bei sehr hohen Stimmklängen dem Ansatzrohr die für gute Resonanz erforderliche Form zu geben, wenn der Kehlkopf (im Vokal *u*) verhältnismäßig tief steht. Analog liegen die Verhältnisse bei *i* und tiefen Stimmklängen.)

(Eine Rückführung der behandelten Erhöhungen resp. Vertiefungen auf die Artikulationsbasis des ersten Lautes, von der aus der zweite Laut gesungen werde, erscheint uns deshalb nicht angängig, weil diese nach drei Sekunden Zwischenzeit, in der die Taktschläge des Metronoms im stillen mitgezählt wurden, wohl kaum noch wirksam sein kann.) — —

Die beiden hier behandelten Möglichkeiten der Assimilation (durch die klanglichen Elemente der Vokale und die mit der Kehlkopfstellung assoziierten Vorstellungen) gehören nicht zu den am häufigsten vorkommenden Assimilationen. Gewöhnlich nämlich kommt eine Assimilation so zustande, daß gewisse Bestandteile einer gegenwärtigen Sinnesvorstellung zunächst unmittelbar die gleichen Bestandteile früherer Vorstellungen (Gleichheitsassoziation) und dann gewisse mit diesen verbundene Elemente (Berührungsassoziation) wachrufen, welche letzteren nun durch Eingehen in das Assimilationsprodukt unter Verdrängung nicht passender oder Ergänzung fehlender Elemente der gegenwärtigen Vorstellung diese assimilierend verändern. (Z. B. das Übersehen von Druckfehlern, Ergänzen von gehörten Worten usw. Wundt, Menschen- und Tierseele 1906[4], S. 323/324.) Dagegen machen sich in den beiden hier behandelten Möglichkeiten assimilierender Beeinflussung die assimilierenden Elemente (die klanglichen Elemente in *i* und *u* oder die mit der Kehlkopfstellung bei lautlicher Indifferenzlage assoziierte Tonhöhe) nicht in der Weise geltend, daß ein Teil von ihnen verdrängend und ergänzend in das Assimilationsprodukt unmittelbar selber eingeht, sondern sie bewirken nur eine geringe angleichende Änderung in der Tonhöhe. Sie sind natürlich in der Gesamtvorstellung vorhanden, sonst könnten sie ja nicht die assimilierende Wirkung herbeiführen. Aber eben diese ist auch das einzige Zeichen ihres Daseins. Während z. B. die reproduzierten Buchstaben, welche bei Übersehen eines Druckfehlers die falschen Buchstaben verdrängen, als unmittelbare Bestandteile der Sinnesvorstellung mit den stehen gebliebenen richtigen Buchstaben völlig auf gleicher Rangstufe stehen, machen sich die Bestandteile, welche in unseren beiden Fällen die Assimilation bewerkstelligen, nur indirekt durch Beeinflussung der übrigen Bestandteile in der Gesamtvorstellung geltend. Außerdem besteht zwischen unseren beiden Assimilationsfällen noch ein kleiner Unterschied: In dem Fall nämlich, in welchem die Assimilation durch die auf die Tonhöhe bezüglichen Empfindungskomplexe (nämlich die inneren Tastempfindungen der Kehlkopfmuskeln und die betreffenden Gehörsempfindungen) zustande kommt, welche mit der Kehlkopfstellung bei lautlicher Indifferenz assoziiert sind, wird die Assimilation durch (indirektes) Eintreten reproduktiver Elemente in die Gesamtvorstellung bewerkstelligt. Wenn dagegen die angleichende Wirkung von den klanglichen Elementen der Vokale *i* und *u* ausgeht, so handelt es sich gar nicht um reproduktive Elemente, sondern um solche, welche in der gegenwärtigen Sinnes-

vorstellung, nämlich der Komplikation des Stimmklangs, unmittelbar mit gegeben sind.

Wir wollen nun den Versuch machen, zu begründen, weshalb wir im Anschluß an Felix Krueger (siehe Anm. 1 S. 38) die beiden zur Diskussion stehenden Fälle zur Assimilation gerechnet haben. Der Kürze wegen seien folgende Benennungen eingeführt: Es lassen sich beim Vorgang der Assimilation unterscheiden:

1. die ursprünglichen Elemente, d. h. die Elemente der unmittelbar gegebenen ursprünglichen Sinnesvorstellung, hierunter a) die beständigen Elemente (die unverändert bleiben), b) die verdrängten Elemente, c) die angeglichenen Elemente;

2. die fremden Elemente (die unmittelbar durch direktes Eingehen oder nur mittelbar durch angleichende Wirkung die Assimilation bewerkstelligen). Hierunter a) die verdrängenden Elemente, b) die angleichenden Elemente.

Die Elemente des endgültigen Assimilationsprodukts, bestehend aus den beständigen und den verdrängenden Elementen (bei gewöhnlicher Assimilation) oder aus den angeglichenen und angleichenden Elementen (bei bloß angleichender Wirkung), sollen resultative Elemente heißen.

Die Assimilation durch Angleichung wollen wir angleichende Assimilation, die Assimilation durch Verdrängung verdrängende Assimilation nennen.

Man könnte nun auf den Gedanken kommen, die Diskrepanz zwischen den gewöhnlichen Assimilationen (den verdrängenden) und zwischen den angleichenden auf den Unterschied zwischen extensiven und intensiven Vorstellungen zurückzuführen; indem man etwa sagte: In der Verdrängungsassoziation (Beispiel: Druckfehlerassimilation) stehen die reproduktiven (verdrängenden) Elemente deshalb als unmittelbare Bestandteile der Sinnesvorstellung selbständig neben den beständigen Elementen im Assimilationsprodukt, weil die räumliche Extensität der ganzen Vorstellung ihre Trennung von den beständigen Elementen der Sinnesvorstellung ermöglicht. Dagegen können die fremden Elemente — wo es sich um intensive Vorstellungen handelt (wie beim Stimmklang), nur eine intensive Verschmelzung mit den ursprünglichen Elementen eingehen, in welchen die letzteren stets dominieren, so daß die fremden Elemente — soweit sie in das Assimilationsprodukt eingehen — hier nur indirekt durch ihre angleichende Wirkung auf die ursprünglichen Elemente entdeckt werden können.

Tatsächlich liegen die Verhältnisse aber wohl noch etwas verwickelter. Es gibt nämlich, wenn man die Angleichung durch gegenwärtige Vorstellungsbestandteile mit zur Assimilation rechnet, wie hier geschehen, auch extensive Vorstellungen, in welchen die fremden Elemente nur mittelbar durch ihre angleichende Wirkung auf die ursprünglichen Elemente sich geltend machen. Die assoziativen Gesichtstäuschungen bilden Beispiele für dies Phänomen. (Z. B. die angleichende Sektorentäuschung, Wundt (Phys. Psych.) 2^{V}, 565.)

Wir haben nun drei Möglichkeiten als Beispiele für bloß angleichende Assimilation (im Gegensatz zu verdrängender Assimilation) kennen gelernt:

1. Angleichung der Tonhöhe des Stimmklangs durch den mit der Kehlkopfstellung bei lautlicher Indifferenz verbundenen, auf die Tonhöhe bezüglichen Empfindungskomplex. 2. Angleichung der Tonhöhe des Stimmklangs durch die klanglichen Elemente der Vokale, 3. Sektorentäuschung (als Beispiel für die assoziativen Gesichtstäuschungen).

Im Fall 1 und 2 handelt es sich um intensive, im Fall 3 dagegen um extensive Vorstellungsgebilde. Im Fall 1 waren die angleichenden Elemente reproduktiver Natur, im Fall 2 und 3 dagegen unmittelbar sinnlich gegeben.

Worin aber stimmen alle drei Fälle überein?

Darin, daß stets die angeglichenen Elemente klar apperzipiert werden. Dies ist das Merkmal der nur angleichenden Assimilation.

Die verdrängende Assimilation ist statt der nur angleichenden da möglich, wo die ganze Vorstellung, welche die beständigen und verdrängenden Elemente umfaßt, durch Übung so geläufig geworden ist, daß die Einzelelemente überhaupt nicht mehr deutlich apperzipiert zu werden brauchen, um zu der ganzen Vorstellung zusammengefaßt zu werden. Beispiele hierfür sind: Das Übersehen von Druckfehlern (um so leichter, je mehr die Apperzeption der einzelnen Buchstaben hinter der Apperzeption der ganzen Worte und Sätze und der Bedeutungsinhalte zurücktritt), das Angleichen von Theaterkulissen an die Natur (weil die Einzelheiten wegen großer Entfernung und mangelnder Beleuchtung nicht deutlich apperzipiert werden können), das Hören und Verstehen von undeutlich gesprochenen Sätzen (diese Fälle sind von Wundt, Menschen und Tierseele 1906[IV], S. 322 angeführt). Man kann aber auch wohl dahin rechnen die angleichende Wirkung der im Blickpunkt der Netzhaut apperzipierten Farbe auf die peripheren Partien der Netzhaut und die Ausfüllung des blinden Flecks. (Wundt II[V], S. 258.) Die Lage auf den peripheren Teilen der Netzhaut bedingt hier die undeutliche Apperzeption der verdrängten Elemente.

An Stelle der Geläufigkeit der ganzen Vorstellungen kann auch eine starke apperzeptive Richtung treten, wenn durch äußere Faktoren dafür gesorgt ist, daß die einzelnen Elemente der ganzen Vorstellung nicht deutlich apperzipiert werden können. So sieht der Jäger, der in der Dämmerung auf Anstand steht, in jedem nur einigermaßen assimilierbaren Gegenstande das Wild, welches er erwartet.

Zum Zustandekommen der verdrängenden Assimilation müssen also zwei Bedingungen erfüllt sein: 1. Die ursprünglichen Elemente der Sinneswahrnehmung dürfen nicht in voller Klarheit apperzipiert werden, 2. Die ganzen Vorstellungen, welche aus dem Assimilationsprozeß resultieren, müssen durch große Geläufigkeit infolge von Gewohnheit oder durch eine starke Richtung der Apperzeption auf Grund bestimmter Erwartungen von vornherein bevorzugt sein.

An die Stelle dieser Bedingungen der verdrängenden Assimilation treten in den Fällen bloß angleichender Assimilation bestimmte Analoga: Bei der Sektorentäuschung zum Beispiel stehen allerdings die ursprünglichen Eemente, welche eine Angleichung erfahren sollen, im Vordergrunde der Apperzeption: Das Augenmerk wird ja ausdrücklich auf die Größe des

mittleren weißen Sektors gerichtet. Bedingung 1 der verdrängenden Assimilation ist also keineswegs erfüllt. Eben deshalb ist aber hier eine direkte Verdrängung ursprünglicher Elemente durch andere gar nicht möglich, sondern nur eine Angleichung. Auch an der Geläufigkeit der resultierenden Vorstellung resp. der starken apperzeptiven Richtung auf Grund bestimmter Erwartungen fehlt es bei der angleichenden Assimilation. — An die Stelle dieser Bedingungen tritt aber eine andere: Zum Zustandekommen der Sektorentäuschung ist notwendig, daß die Verschiedenheit der äußeren schwarzen Sektoren gerade hinreicht, um bei der Richtung des Augenmerks auf diese äußeren Sektoren selbst deutlich erkannt zu werden, dagegen bei Richtung der Aufmerksamkeit auf die Größe der mittleren weißen Sektoren hinter dem Eindrucke des größeren resp. kleineren (aus den drei Sektoren bestehenden) Gesamtbildes verschwindet. (Wird die Vergrößerung resp. Verkleinerung dieses Gesamtbildes auch bei Betrachtung der mittleren Sektoren deutlich auf die äußeren schwarzen Sektoren zurückgeführt, so weicht die Assimilation sofort dem entgegengesetzten Phänomen des assoziativen Kontrasts.)

Diese Bedingung der angleichenden Assimilation setzt sich nun aus Bestandteilen zusammen, welche den beiden Bedingungen der verdrängenden Assimilation analog sind: An die Stelle der geläufigen Vorstellungsverbindungen oder der Apperzeptionsrichtung bei der verdrängenden Assimilation tritt bei der Sektorentäuschung der Gesamteindruck des Kleiner oder Größer, welcher durch die verschiedene Größe der äußeren Sektoren hervorgerufen wird.

Wie aber dort außerdem die unbeständigen Elemente nicht scharf apperzipiert werden durften, so darf hier die verschiedene Größe der äußeren schwarzen Sektoren während des Assimilationsprozesses nicht gesondert deutlich aufgefaßt werden, wenn die Assimilation nicht in Kontrast umschlagen soll. Ebenso wie in der hier als Beispiel gebrauchten Sektorentäuschungen liegen die Verhältnisse in anderen Fällen angleichender Assimilation. Überall muß der assimilierende Faktor gerade so stark sein, daß er bei Konzentration der Aufmerksamkeit auf den anzugleichenden Bestandteil den Gesamteindruck in bestimmter Richtung deutlich beeinflußt, ohne doch gesondert wahrgenommen zu werden. So erscheint uns beim Sprechen *u* gegen *i* als der tiefere Laut. Bei Singen beider Vokale auf denselben Ton und Spannung der Aufmerksamkeit auf die Tonhöhe wird aber der tiefere Klangcharakter des *u* nicht gesondert apperzipiert, deshalb ist hier angleichende Assimilation möglich.

Wollte man dagegen die Kehlkopfstellung für die Assimilation verantwortlich machen, so müßte man ihren Einfluß auf die Gesamtvorstellung für stark genug halten, um diese in bestimmter Richtung abändern zu können, was aus den oben angeführten Gründen unwahrscheinlich ist. —

Wir sehen also, daß die beiden hier geschiedenen Arten der verdrängenden und angleichenden Assimilation analoge Struktur haben. Die angleichende Assimilation kann man als verfeinertes Gegenstück der verdrängenden Assimilation ansehen, dessen Erscheinen sich nur da nachweisen läßt, wo jede kleine kontiunierliche Änderung der Vorstellung

kontrollierbar ist. Aus diesen Gründen haben wir beide angeführten Formen unter den Begriff der Assimilation zusammengefaßt.

In beiden Arten aber kann die Assimilation ebensowohl durch reproduktive Elemente wie durch gegenwärtige bewirkt werden. Dafür liefern die angeführten Beispiele den Beleg.

Daß sich reproduktive Elemente auch untereinander assimilativ beeinflussen können, hebt Wundt (Phys. Psych.[V] III S. 530 oben) hervor. Endlich aber können auch reproduktive Elemente (oder Dispositionen) durch gegenwärtige Elemente assimilativ verändert werden, wofür diese Arbeit S. 38 ein Beispiel bringt. Grade diese letzte Assimilationsform tritt uns im täglichen Leben oft auffällig entgegen. So sind wir überrascht, wenn wir Gelegenheit haben, irgend einen Gegenstand, an dem wir durch längere Zeit eine kontinuierliche oder diskontinuierliche Änderung beobachtet haben, in der früheren Gestalt wieder wahrzunehmen. Die Abweichung von der gegenwärtigen Beschaffenheit erscheint uns regelmäßig viel zu groß, weil die Erinnerungsvorstellung durch die gegenwärtigen Wahrnehmungen angleichend beeinflußt war.

Aus den Darlegungen ergibt sich folgendes einfache Schema für den hier gebrauchten Assimilationsbegriff:

1. Angleichende Assimilation (Klare Apperzeption der anzugleichenden Elemente)

2. Verdrängende Assimilation (Mangel einer klaren Apperzeption der anzugleichenden Elemente)

α { Gegebener durch gegebene Elemente

β { Gegebener durch reproduktive Elemente

γ { reproduktiver durch gegebene Elemente

δ { reproduktiver Elemente untereinander.

3. Bei verschiedenen Tonhöhen.

Bevor wir die Tonschwankungen im einzelnen nach den erhaltenen Ergebnissen betrachten, seien noch einige Tabellen vorgelegt, welche sich auf die Abhängigkeit der Fehlergröße von der Tonhöhe beziehen. Diese Feststellungen waren für die Auswertung der Versuche von Bedeutung. Denn abgesehen davon, daß die stattgehabten Untersuchungen dieser Frage nicht ganz übereinstimmende Ergebnisse geliefert haben [1]), war zu untersuchen, ob nicht für gesungene

[1]) Wolfe, Phil. Stud. Bd. II, S. 561 fand nicht die gleiche Regelmäßigkeit wie später Lorenz, Phil. Stud. Bd. VI, S. 87 und 103 und Luft, Phil. Stud. Bd. IV S. 528.

Töne wegen der mit der Hervorbringung hoher und tiefer Töne verbundenen Artikulationsanstrengungen besondere Abweichungen platzgriffen. Um diesen Einfluß zu prüfen, ist hier deshalb ein Verfahren angewandt, welches — wenn es sich um die selbständige Lösung dieses Problems gehandelt hätte, nicht wohl statthaft gewesen wäre, weil es unter verschiedenen Bedingungen ausgeführte Experimente zusammenzieht. Eine derartige Verschmelzung verschiedener Versuchsgruppen ist auch unter den dargelegten Umständen nur unter Einhaltung gewisser Kontrollmaßregeln angängig: 1. Es mußte konstatiert werden, ob zwischen dem Verlauf der aus der Verschmelzung gewonnenen Hauptkurve und den Einzelkurven der verschiedenen Gruppen hinreichende Konformität besteht. 2. Ob die bei sechs Beobachtern und unter Bedingungen, die für je drei Beobachter nach zwei verschiedenen Richtungen variierten, erhaltenen Kurven hinreichend übereinstimmende Resultate ergaben. Erfüllten die Ergebnisse diese Forderungen, so war gegen das angewandte Verfahren nichts einzuwenden. Es bestand darin, daß 1. bei Variation der Zwischenzeit (1. Sem.) alle für die verschiedenen Zwischenzeiten erhaltenen reinen variablen Fehler je durch den reinen variablen mittleren Fehler der betreffenden Zwischenzeit dividiert wurden. Dadurch sollte — soweit das möglich war — der spezifische Einfluß der verschiedenen Zwischenzeiten auf die Fehlergröße kompensiert werden, so daß rücksichtlich der Tonhöhe die Fehler längerer Zwischenzeiten mit denen kürzerer zusammengezogen werden konnten, dies wurde durchgeführt, indem die dividierten Fehler aller Töne von zehn zu zehn Schwingungen Höhenunterschied summiert und aus ihnen das Mittel gezogen wurde. Diese Manipulationen lieferten zunächst ganz unregelmäßige Kurven. Die Unregelmäßigkeit ist selbstverständlich, weil die Zahl der auf die einzelne nach zehn Schwingungen abgegebenen Gruppe trotz der Zusammenziehungen in den meisten oder allen Fällen viel zu klein und außerdem völlig unregelmäßig ist. Es wurden dann aber, um den allgemeinen Verlauf des Fehlers mit steigender Tonhöhe zu erhalten, die verschiedenen Höhenlagen in nur fünf Gruppen nach Tonhöhe zusammengefaßt, die soweit es die Verteilung der Einzelfehler auf die Gruppen von zehn zu zehn Schwingungen erlaubte, möglichst gleich viele Versuche enthielten. So entstanden die Tabellen IIIa, b, c. Die Zahlen unter »Höhe« in Tabelle IIIa bedeuten die Grenzen

Tabelle IIIa.

Beobachter: B., R., P. Zwischenzeit: 1—30 Sekunden.

B.

Höhe	Zahl	*Cm*	*fma*	*fmr*
100—150	35	— 1,2	0,8	0,7
150—220	38	+ 0,4	0,9	0,5
220—270	33	+ 1,1	1,2	0,5
270—320	31	— 0,1	0,8	0,3
320—380	31	+ 2,7	1,3	0,4

R.

Höhe	Zahl	*Cm*	*fma*	*fmr*
100—140	28	— 2,5	0,9	0,7
140—180	27	+ 2,4	0,8	0,5
180—230	27	+ 2,7	0,8	0,4
230—300	29	+ 2,8	1,1	0,4
300—370	31	+ 4,0	1,3	0,4

P.

Höhe	Zahl	*Cm*	*fma*	*fmr*
100—130	37	+ 0,5	0,8	0,7
130—200	35	+ 0,5	1,0	0,6
200—260	34	+ 0,4	1,0	0,4
260—330	33	+ 0,8	0,9	0,3
330—380	28	+ 0,8	1,5	0,4

Die Einzelwerte für *fma*, *fmr* haben wegen des Divisionsverfahrens nur relative Bedeutung.

der Tonhöhe, zwischen welchen die zusammengezogenen Fehler liegen, »Zahl« bedeutet Anzahl der Versuche, *Cm* konstanter mittlerer Fehler, *fma* reiner variabler mittlerer Fehler (nach Division aller einzelnen Fehler durch das *fm* der betreffenden Zwischenzeit) ausgedrückt in Schwingungszahlen. *fmr* stellt den reinen variablen mittleren Fehler einer Gruppe, ausgedrückt in Prozenten der Schwingungszahlen dar. Durch diese Manipulationen wurden Kurven erhalten, die im allgemeinen Verlauf befriedigende Übereinstimmung zeigen.

Betrachten wir zunächst in Tabelle IIIa *Cm*, so finden wir bei allen drei Beobachtern durchgängiges Ansteigen seiner Pluswerte mit steigender Tonhöhe. Bei B. enthält die Gruppe 270—320 die einzige Unregelmäßigkeit dieses Ansteigens, bei R. ist der Anstieg vollständig regelmäßig, bei P. ist er sehr klein und enthält bei 200 bis 260 eine Unregelmäßigkeit, während die beiden ersten und die beiden letzten Werte dieselbe Größe haben. Auch *fma* steigt mit wachsender Tonhöhe ziemlich gleichmäßig. (Bei B. wieder die Ausnahme bei 270—320, bei R. die erste Größe um $^1/_{10}$ Schwingung höher als die folgende, bei P. ein kleines Zurückgehen bei 260—330.) *fmr* dagegen zeigt ein ebenso regelmäßiges Sinken mit wachsender Tonhöhe; bei R. ist dieser Abstieg ohne Unregelmäßigkeiten, nur haben die drei letzten Werte die gleiche Größe. Bei B. treten Unregelmäßigkeiten auf bei 270—320, bei P. bei 260—330.

Tabelle IIIb.

Beobachter: G., S., W. Zwischenzeit: 3 Sekunden.

G.

Höhe	Zahl	*Cm*	*fma*	*fmr*
110—140	13	— 0,5	1,5	1,2
140—190	16	— 0,3	1,4	0,8
190—240	16	+ 0,3	1,9	0,9
240—300	16	+ 0,7	2,3	0,9
310—360	17	+ 1,1	2,8	0,8

S.

Höhe	Zahl	*Cm*	*fma*	*fmr*
100—140	19	— 0,6	1,5	1,4
140—190	18	+ 0,5	1,9	0,9
190—220	17	0	1,4	0,8
220—250	13	0	1,5	0,8
250—360	15	+ 1,4	2,5	0,8

W.

Höhe	Zahl	*Cm*	*fma*	*fmr*
100—160	16	— 0,1	1,8	1,2
160—200	16	— 0,1	1,6	1,1
200—240	15	— 0,1	1,9	0,7
240—310	17	— 0,6	2,1	0,6
310—380	18	+ 1,5	2,9	0,8

Die Tabelle bezieht sich auf die Lautkombination *A a* (fremder Vorton). Bedeutung der Kolumnen wie in Tabelle IIIa.

Tabelle IIIc.

Beobachter: G., S., W. Zwischenzeit: 3 Sekunden.

G.

Höhe	Zahl	*Cm*	*fma*	*fmr*
100—170	41	+ 0,2	0,9	0,7
170—220	44	+ 0,2	1,1	0,5
220—250	41	+ 0,5	0,9	0,4
250—290	46	— 0,3	1,2	0,5
290—390	41	+ 0,1	1,2	0,4

S.

Höhe	Zahl	*Cm*	*fma*	*fmr*
100—160	50	+ 0,1	1,0	0,7
160—200	60	— 0,2	0,9	0,5
200—230	50	+ 0,1	0,9	0,4
230—270	55	+ 0,4	1,1	0,4
270—380	66	+ 0,2	1,1	0,3

W

Höhe	Zahl	*Cm*	*fma*	*fmr*
100—160	64	— 0,2	1,0	0,7
160—210	44	+ 0,3	0,8	0,4
210—240	47	+ 0,1	1,0	0,4
240—280	58	+ 0,2	0,7	0,3
280—390	47	+ 0,3	1,1	0,3

Die Tabelle bezieht sich auf alle Lautkombinationen mit eignem Vorton. Bedeutung der Kolumnen wie in Tabelle IIIa.

Hiermit sollen gleich die auf dieselbe Art gewonnenen Resultate des zweiten Semesters verglichen werden, wie sie in Tabelle IIIb, c, dargestellt sind. Die Trennung in zwei Tabellen berücksichtigt den Unterschied zwischen eigenem und fremdem Vorton. Tabelle IIIb bezieht sich auf die Experimente mit fremdem, Tabelle IIIc auf die mit eigenem Vorton. Im übrigen bedeuten die Bezeichnungen ganz dasselbe wie in Tabelle IIIa. Während die in Tabelle IIIb und den

zugehörigen Kurventafeln gegebenen Resultate des zweiten Semesters mit fremdem Vorton in allen wesentlichen Punkten mit den eben besprochenen Resultaten der Tabelle IIIa übereinstimmen (die etwas größere Unregelmäßigkeit von Tabelle IIIb findet ihre Erklärung in der geringeren Zahl der Versuche), zeigt die Tabelle IIIc, welche die Resultate der Versuche mit eigenem Vorton bringt, bedeutende Abweichungen. Weder der Anstieg von *Cm* noch der von *fma* tritt hier in der Weise hervor, wie in den beiden vorhergehenden Tabellen. Um so deutlicher ist dementsprechend der Abfall von *fmr* mit steigender Tonhöhe. Hier zeigt G. die einzige Ausnahme bei 250—290. —

Also bei fremdem Vorton werden — das bedeutet ja der Anstieg von *Cm* mit wachsender Tonhöhe — tiefe Töne zu hoch, hohe zu tief nachgesungen. Diese Angleichung an die Tonmitte ist ein Analogon der von Spearman [1]) auf dem Gebiet des Tastsinns gefundenen Tendenz, welche Spearman — je nachdem sie sich auf die »Artikulation« (Gelenklage) oder auf die (häufigste) »Lokalisation« bezieht, »Unterschätzungsgesetz« [2]) oder »zentripetales Gesetz« [3]) nennt. Auf dem Tongebiet war sie innerhalb der engen Grenzen eines Stimmumfangs da, wo der zweite Ton nicht vom Beobachter nachgesungen, sondern vom Experimentator gegeben wurde, bisher nicht feststellbar. [4]) Es ist wohl zweifellos, daß ihr früheres Hervortreten beim Nachsingen von Tönen auf die verhältnismäßig große Innervationsanstrengung, die mit dem Singen hoher und tiefer Töne verbunden ist, zurückgeführt werden muß. Es zeigt sich hier sogar eine Analogie zu den beiden von Spearman aufgestellten Gesetzen, welche ihre Gültigkeit auch jenseits des von Spearman untersuchten Tastgebietes zum Ausdruck bringt: Die Angleichung sehr hoher und sehr tiefer nur gehörter Töne entspricht Spearmans »Zentripetalgesetz«, denn in beiden Fällen handelt es sich um qualitative Empfindungsunterschiede. Dagegen ist die viel früher eintretende Angleichung

[1]) C. Spearman, Die Normaltäuschungen in der Lagenwahrnehmung. Psych. Stud. I, S. 388ff.

[2]) Ebenda, S. 456ff.

[3]) Ebenda, S. 488.

[4]) Dagegen ist die erwähnte Tendenz innerhalb eines weiteren Umfangs der Tonhöhen in den einschlägigen Versuchen deutlich zu erkennen. Z. B. Wolfe, a. a. O. S. 564 fand sie innerhalb des von ihm geprüften Bereichs von 144—1024 Schwingungen.

beim Nachsingen gehörter Töne ein Ausdruck von Spearmans »Unterschätzungsgesetz«, weil es sich hier um vorwiegend intensive Empfindungsunterschiede handelt. Da diese letzte Angleichung auf die Artikulation zurückzuführen ist, so kann man sie sogar dem Unterschätzungsgesetz direkt unterstellen. Nur kommt die Unterschätzung der Entfernung der gehörten Tonhöhe von der Mittellage nicht durch die assimilative Wirkung der mit dem Nachsingen verbundenen Innervationsanstrengung auf vorausgegangene Wahrnehmungen des Tastsinns selber, sondern vor allem auf vorausgegangene Gehörseindrücke zustande. Wie das Verschwinden der angleichenden Tendenz bei eigenem Vorton beweist, hindert sogar eine (beim Singen des Vortons) mit derselben Anstrengung verbundene vorausgegangene innere Tastempfindung naturgemäß das Zustandekommen dieser Erscheinung. Wäre das »innere Mitsingen«, das als schwache »Innervationsempfindung«[1]) gehörte Töne zu begleiten pflegt, mit derselben Anstrengung verbunden, wie das laute Singen eines an den Grenzen des Stimmumfangs liegenden Tons, so würde man das Frühereintreten der Angleichung bei Nachsingen eines fremden Vortons vermutlich nicht beobachten können. Die Spannungsempfindung und das Gefühl der Anstrengung aber, welche sich beim lauten Singen sehr hoher und auch sehr tiefer Töne einstellen, haften — zum mindesten für dieselbe Tonhöhe — dem »stillen Mitsingen« nicht an. Es ist daher wohl verständlich, daß die genannten psychischen Gebilde beim lauten Nachsingen auf den gehörten und zu reproduzierenden Ton assimilierend einwirken. Welche Rolle die zu bestimmten Innervationen erforderliche »Anstrengung« bei der Abschätzung gegebener Eindrücke spielt, zeigt auch die Theorie der konstanten Gesichtstäuschungen (z. B. die Verlängerung der vertikalen Seiten eines Quadrats in der Wahrnehmung[2]). — Es soll nun nicht etwa behauptet werden, daß die Verbindung zwischen inneren Tastempfindungen und Tonhöhenschätzung ebenso eng sei wie die zwischen den Bewegungsempfindungen der Augendrehungen und der Abschätzung räumlicher Distanzen. Inwieweit die inneren Tast-

---

[1]) Siehe S. 8, Anm. 2.

[2]) Cfr. Wundt, Phys. Psych. II^5, S. 544ff.; besonders S. 563 unten und S. 564 oben. Auch die Überschätzung der Erhebungsgröße eines ungewöhnlich großen Gewichts, eines halb gelähmten Gliedes gehört hierher. Phys. Psych. II^5, S. 23.

empfindungen für die Tonauffassung in Betracht kommen, soll später noch eingehender erörtert werden [2]). —

Also unsere Deutung der hier zur Diskussion stehenden Erscheinung wird gestützt durch die Tatsache, daß die besprochene Angleichung an die Mittellage beim eigenen Vorsingen nicht — zum mindesten nicht in demselben Maße wie bei fremdem Vorsingen eintritt. Das zeigt die durchgängige Konstanz von *Cm* in Tabelle IIIc. Dieser Unterschied zwischen den beiden Tabellen IIIb und IIIc deutet zugleich an, daß der oben konstatierte günstige Einfluß eigenen Vorsingens hauptsächlich hohe und tiefe Töne, weniger die Mittellage betrifft. Nach dem Verhalten von *fma* in Tabelle IIIb und *c* wird aber ganz besonders die Wiedergabe der hohen Töne (die ohnehin schon sehr präzis ist, so daß *fmr* bei ihnen bedeutend kleiner ist als in der Tiefe) — durch den eigenen Vorton noch geschärft und verfeinert. Übrigens lassen sich die absoluten Werte der Tabelle IIIb und IIIc nicht vergleichen, weil Tabelle IIIb nur die Gruppen *Aa* enthält, während Tabelle IIIc durch Zusammenziehen der Gruppen *i i*, *u u*, *i u*, *u i* in der beschriebenen Weise entstanden ist. —

Damit sind die Versuchsresultate — soweit sie sich allein auf die Gesamthöhe der Töne beziehen, mitgeteilt und diskutiert.

II. Abschnitt.

Betrachtung der nach Zehntelsekunden abgegrenzten Einzelstadien des Tonverlaufs.

1. Nach ihrer Ordnungszahl im Tonverlauf.

Um die Entstehung der Tabellen IV—IX zu erklären, sei zunächst der Einfachheit halber wieder angenommen, jeder nachgesungene Ton hätte genau 2″ gedauert. Dann ergaben die (oben beschriebenen) Abmessungen nach Zehntelsekunden genau 20 Zahlen, welche die Tonhöhe der einzelnen, nach Zehntelsekunden abgegrenzten Stadien des Tonverlaufs — in ganzen Schwingungen angaben. Eine Subtraktion der (ohne Berücksichtigung der ersten Zehntelsekunde) extra gemessenen durchschnittlichen Höhe des ganzen Tons von der Tonhöhe jedes

[2]) S. 73 ff. Cfr. S. 80.

Einzelstadiums ergab 20 Zahlen, welche die Abweichung jedes Einzelstadiums vom Tondurchschnitt angaben; und zwar bedeutete bei dieser Berechnungsweise ein Minuszeichen Vertiefung des Einzelstadiums gegenüber der Tonhöhe des ganzen Tons, — ein Pluszeichen dagegen Erhöhung. (Wenn die Zeichen hier umgekehrte Bedeutung haben als früher, so wird dadurch keine Verwirrung entstehen, weil es sich hier ja um ganz andere Verhältnisse handelt; nicht um die Abweichung eines Nachtons gegenüber einem Vorton, sondern um die Abweichung der einzelnen Tonstadien gegenüber der mittleren Tonhöhe desselben Tons.) — Alle Töne, welche mehr oder weniger als 2″ gehalten waren, wurden in der Weise verrechnet, daß die ersten und die letzten Stadien unter die dazu gehörigen der 2″ gehaltenen Töne geschrieben wurden. In der Mitte blieb dann eine Lücke frei oder es fielen Messungen aus — je nachdem ob der Ton zu kurz oder zu lang gehalten war. Es wurde durch diese Anordnung erreicht, daß die Einzelsekunden mit derselben Ordnungszahl in der ersten Hälfte alle gleich weit vom Tonanfang, in der letzten Halfte vom Tonende entfernt waren. (Nur bei B., bei dem zu kurz abgebrochene Töne nicht so selten waren wie bei den übrigen, wurde ihr Ausfall in der Angabe der Messungsanzahl berücksichtigt. Deshalb sind die bezüglichen Zahlen bei B. nicht immer — wie bei den anderen Beobachtern durch 20 teilbar.)

Schrieb man die Abweichungen der Einzelstadien aller nach derselben Zwischenzeit oder bei derselben Lautkombination von demselben Beobachter gesungenen Töne nach den Ordnungszahlen der Einzelstadien untereinander und zog aus den untereinanderstehenden Zahlen das Mittel, so erhielt man ohne Berücksichtigung der einzelnen Vorzeichen die (»rohe«) mittlere Abweichung aller Einzelstadien mit derselben Ordnungszahl für Nachtöne, welche unter derselben Versuchsbedingung gesungen waren. Bei Berücksichtigung der Vorzeichen erhielt man ihre konstante mittlere Abweichung. So entstanden die Tabellen IV—IX. In ihnen bedeutet die linke Kolumne unter J resp. L die Zwischenzeit resp. Lautkombination, Z die Anzahl der Einzelmessungen. In den Tabellen VII—IX, die sich auf das 2. Semester beziehen, sind die Schwankungen der Nachtöne (unter N. T.) von denen der Vortöne (unter V. T.) getrennt wiedergegeben. Die Tabellen des 1. Semesters IV—VI dagegen enthalten keine derartige Bezeichnung.

Tabelle IV. Beobachter: B.

J	Z																			
1″	277	1,8	0,7	0,5	0,6	1,0	0,9	0,2	1,0	0,7	0,6	0,7	0,7	0,8	0,7	0,9	1,2	0,8	0,9	0,9	0,4
		−1,5	+0,3	+0,1	−0,2	−0,6	+0,6	0,0	+0,3	−0,2	+0,1	+0,7	−0,1	+0,2	−0,2	+0,2	0,0	0,0	+0,1	+0,3	+0,1
2″	260	1,8	0,8	0,8	1,2	0,5	1,0	1,0	0,9	0,9	1,4	0,8	1,2	1,3	1,0	0,7	0,8	0,8	0,9	1,2	1,1
		−1,5	+0,2	−0,1	+0,1	−0,2	−0,2	−0,8	0,0	+0,5	0,0	+0,4	−0,4	+0,4	−0,5	+0,2	+0,2	−0,3	+0,2	−0,4	+0,2
3″	278	2,1	1,0	0,9	1,1	1,1	0,9	1,2	0,7	0,6	0,9	1,3	1,3	1,1	1,2	1,5	0,6	1,4	1,0	0,9	1,0
		−1,5	+0,1	−0,1	−0,1	+0,5	+0,1	+0,1	−0,1	+0,6	−0,4	−0,3	0,0	+0,1	−0,6	−0,5	+0,2	−0,5	−0,3	+0,1	−0,1
4″	314	2,0	0,8	0,9	1,0	1,5	0,8	0,8	0,6	1,3	1,0	0,9	1,1	1,1	0,7	1,5	0,9	1,7	1,4	0,8	1,0
		−2,0	−0,3	−0,6	+0,1	+0,2	−0,3	+0,1	+0,1	−0,5	+0,2	−0,3	+0,7	+0,3	−0,5	+0,4	−0,1	+0,1	−0,2	+0,3	−0,1
5″	286	2,4	1,0	0,9	1,4	1,6	0,9	1,2	1,8	1,7	1,5	0,9	1,4	1,1	1,3	1,5	0,7	1,1	1,3	1,1	1,2
		−1,9	−0,1	−0,3	+0,6	−0,3	+0,6	−0,4	−0,3	+0,1	0,0	0,0	−0,3	+0,2	−0,3	+0,1	−0,1	+0,2	−0,2	+0,4	+0,3
7″	348	2,6	1,2	1,2	1,2	1,3	1,8	1,1	1,0	1,7	1,4	0,9	1,3	1,4	1,2	0,9	1,5	1,3	1,1	1,5	0,9
		−2,2	+0,4	+0,2	−0,6	−0,5	+1,0	+0,1	−0,2	−0,1	+0,4	+0,2	−0,3	−0,1	+0,5	−0,1	−0,3	+0,6	+0,8	−1,4	+0,8
10″	280	2,3	0,6	1,4	1,1	1,1	1,5	1,2	1,5	1,0	1,4	1,1	1,1	1,6	1,2	1,1	1,3	1,5	1,1	0,9	0,8
		−2,3	−0,1	+0,9	−0,1	+0,9	+1,1	+0,2	−0,1	+0,4	−0,8	+0,6	−0,3	−0,5	+0,4	−0,3	+0,4	−0,5	−0,1	+0,2	+0,1
15″	309	1,8	1,3	1,3	1,4	1,2	1,5	1,2	1,1	1,9	1,2	1,2	1,5	1,3	1,5	1,4	1,7	1,0	1,0	1,3	1,0
		−1,4	+0,1	+0,3	−0,6	−0,3	+0,8	−0,6	0,0	−0,1	+0,4	−0,1	+0,2	−0,7	−0,3	−0,7	+1,0	−0,1	−0,1	+1,0	−0,1
20″	360	1,2	0,9	1,3	1,2	1,2	1,8	1,3	1,3	0,9	1,3	1,6	1,4	1,7	1,2	0,9	1,6	1,3	1,8	1,5	1,7
		−1,2	+0,6	−0,1	+0,4	−0,1	+0,3	0,0	−0,2	+0,4	+0,2	+0,2	−0,1	−0,7	+0,8	+0,3	−0,5	−0,5	+1,1	−0,3	+1,4
25″	258	1,6	0,9	1,0	0,7	0,9	1,3	0,9	1,0	1,2	0,7	0,7	1,1	1,1	1,3	1,2	0,9	0,6	1,0	1,0	0,8
		−1,1	+0,4	+0,1	−0,4	+0,1	−0,1	−0,4	+0,1	−0,1	+0,2	+0,3	−0,4	+0,4	0,0	+0,7	+0,6	−0,3	+0,5	−0,2	+0,2
30″	320	2,1	1,1	1,1	0,9	1,4	1,1	1,1	0,9	1,1	1,4	1,0	1,3	1,1	0,7	1,6	1,2	1,3	1,1	1,3	1,1
		−1,6	+0,1	−0,5	+0,6	−0,5	+0,1	−0,4	+0,2	+0,6	−0,4	+0,1	+0,7	0,0	+0,7	−0,2	+0,9	−0,5	−0,4	−0,4	+0,6

Mittlere Schwankungsgröße der einzelnen Tonstadien mit derselben Ordnungszahl.

Die Kolumne unter J enthält die Zwischenzeiten, die Kolumne unter Z die Anzahl der Einzelmessungen. Die obere Reihe enthält jedesmal die mittlere Abweichung, die untere die konstante Abweichung der Einzelstadien vom Tondurchschnitt. Pluszeichen bedeutet Erhöhung des Einzelstadiums, Minuszeichen Vertiefung des Einzelstadiums.

Die Tabelle bezieht sich auf Nachtöne nach fremdem Vorton.

Tabelle V. Beobachter: R.

J	z																				
1″	260	0,5	0,2	0,0	0,3	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,2	0,0	0,2	0,2	0,0	0,3	0,4	0,2
		−0,4	0,0	0,0	−0,2	0,0	0,0	+0,1	0,0	0,0	0,0	−0,2	0,0	0,0	0,0	+0,2	0,0	0,0	+0,2	−0,1	+0,1
2″	260	0,5	0,5	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2	0,3	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,5	0,0	0,2
		−0,4	+0,2	0,0	−0,1	0,0	0,0	0,0	−0,2	0,0	0,0	0,0	+0,2	0,0	0,0	0,0	+0,1	0,0	−0,2	0,0	+0,1
3″	240	1,0	0,5	0,0	0,2	0,3	0,1	0,2	0,5	0,3	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2	0,6	0,1	0,0	0,6	0,0	0,3
		−0,7	−0,2	0,0	0,0	+0,2	0,0	−0,1	+0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	−0,1	+0,2	+0,1	0,0	−0,1	0,0	+0,3
4″	240	0,8	0,2	0,4	0,0	0,2	0,0	0,2	0,5	0,0	0,0	0,2	0,3	0,5	0,3	0,2	0,4	0,0	0,4	0,3	0,2
		−0,4	0,0	+0,2	0,0	0,0	0,0	+0,2	0,0	0,0	0,0	+0,1	0,0	0,0	−0,3	+0,2	+0,1	0,0	−0,1	+0,2	+0,1
5″	260	0,5	0,2	0,3	0,0	0,0	0,2	0,4	0,3	0,0	0,2	0,3	0,0	0,0	0,5	0,0	0,2	0,1	0,4	0,3	0,2
		−0,5	+0,1	+0,2	0,0	0,0	−0,1	+0,2	0,0	0,0	−0,1	−0,2	0,0	0,0	−0,3	0,0	+0,1	+0,1	+0,1	0,0	−0,1
7″	280	0,6	0,0	0,2	0,5	0,4	0,0	0,1	0,3	0,4	0,2	0,1	0,0	0,2	0,4	0,0	0,1	0,2	0,0	0,3	0,4
		−0,5	0,0	+0,1	+0,2	−0,1	0,0	+0,1	0,0	−0,1	+0,2	+0,1	0,0	−0,2	−0,1	0,0	+0,1	−0,1	0,0	0,0	+0,1
10″	280	0,6	0,4	0,2	0,0	0,2	0,4	0,0	0,1	0,2	0,0	0,2	0,1	0,3	0,0	0,4	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0
		−0,6	−0,2	−0,1	0,0	+0,2	+0,1	0,0	−0,1	+0,2	0,0	+0,1	+0,1	0,0	0,0	+0,1	0,0	0,0	−0,1	−0,1	0,0
15″	260	0,8	0,2	0,5	0,3	0,0	0,1	0,3	0,2	0,0	0,2	0,4	0,2	0,0	0,3	0,0	0,0	0,5	0,2	0,3	0,1
		−0,5	+0,1	+0,2	−0,2	0,0	−0,1	+0,2	+0,2	0,0	+0,1	−0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	−0,2	0,0	0,0	+0,1
20″	260	0,4	0,2	0,3	0,5	0,1	0,2	0,2	0,3	0,0	0,3	0,2	0,2	0,4	0,0	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
		−0,4	0,0	0,0	+0,2	+0,1	−0,1	+0,2	0,0	0,0	+0,2	0,0	−0,2	+0,1	0,0	0,0	+0,2	−0,1	+0,2	−0,2	+0,1
25″	260	0,5	0,3	0,4	0,2	0,0	0,0	0,1	0,4	0,2	0,3	0,0	0,3	0,2	0,0	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2
		−0,4	−0,2	−0,1	+0,1	0,0	0,0	+0,1	−0,2	+0,1	0,0	0,0	+0,2	0,0	0,0	+0,2	−0,2	−0,1	+0,1	−0,2	0,0
30″	240	0,5	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,2	0,0	0,3	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1	0,3	0,2	0,0	0,2
		−0,5	+0,2	−0,2	0,0	+0,1	−0,1	+0,2	0,0	+0,1	0,0	0,0	−0,1	+0,2	−0,2	+0,1	−0,1	0,0	+0,2	0,0	0,0

Bemerkungen siehe Tabelle IV.

Tabelle VI. Beobachter: P.

J	Z																				
1″	240	0,6	0,3	0,4	0,3	0,2	0,5	0,4	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,2	0,5	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3
		−0,4	−0,1	+0,3	0,0	0,0	−0,2	+0,1	0,0	+0,2	−0,1	0,0	+0,3	0,0	−0,3	+0,2	−0,1	−0,1	−0,2	+0,3	0,0
2″	280	0,6	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2	0,5	0,3	0,4	0,5	0,3
		−0,4	0,0	−0,1	+0,2	0,0	+0,2	−0,1	+0,1	+0,1	−0,2	+0,1	−0,2	−0,2	0,0	0,0	+0,3	−0,2	−0,1	0,0	+0,2
3″	300	0,9	0,3	0,4	0,2	0,5	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,5	0,5	0,4	0,6	0,5	0,3	0,5	0,4
		−0,7	+0,1	−0,3	−0,1	+0,3	−0,1	−0,2	0,0	+0,1	0,0	−0,3	−0,1	+0,3	+0,3	0,0	−0,2	+0,3	+0,2	−0,2	−0,1
4″	300	0,7	0,5	0,3	0,5	0,6	0,3	0,5	0,5	0,3	0,5	0,3	0,5	0,4	0,3	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3
		−0,5	−0,2	+0,1	+0,2	−0,5	0,0	+0,3	−0,1	−0,2	+0,3	0,0	+0,2	−0,1	0,0	−0,4	+0,2	−0,1	−0,1	+0,3	+0,1
5″	320	0,9	0,4	0,6	0,4	0,4	0,6	0,5	0,4	0,6	0,6	0,4	0,5	0,6	0,4	0,6	0,5	0,6	0,5	0,4	0,6
		−0,7	−0,1	+0,2	−0,3	−0,1	+0,3	+0,1	−0,2	+0,3	+0,4	−0,2	−0,3	+0,3	−0,1	+0,3	+0,1	−0,2	+0,3	−0,3	+0,3
7″	320	1,1	0,4	0,8	0,6	0,6	0,4	0,3	0,7	0,6	0,8	0,6	0,7	0,5	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6
		−0,7	+0,2	−0,3	−0,3	+0,4	+0,3	−0,4	+0,1	+0,2	−0,2	+0,1	0,0	+0,3	−0,1	+0,4	−0,1	−0,3	+0,1	−0,1	0,0
10″	320	0,9	0,7	0,4	0,7	0,5	0,5	0,9	0,7	0,4	0,6	0,6	0,3	0,7	0,9	0,5	0,4	0,7	0,6	0,6	0,7
		−0,8	−0,3	+0,4	+0,2	−0,1	+0,2	−0,3	−0,1	+0,4	+0,2	−0,2	+0,3	+0,1	0,0	+0,4	−0,3	−0,2	+0,1	0,0	−0,2
15″	380	0,6	0,4	0,3	0,5	0,2	0,6	0,4	0,3	0,5	0,4	0,3	0,6	0,6	0,4	0,3	0,3	0,4	0,6	0,5	0,4
		−0,6	+0,2	−0,1	+0,2	0,0	−0,2	+0,3	+0,1	−0,2	+0,1	−0,2	+0,1	+0,2	−0,3	−0,1	+0,1	0,0	−0,3	+0,1	−0,2
20″	280	1,0	0,6	0,4	0,3	0,6	0,5	0,4	0,6	0,4	0,5	0,6	0,4	0,6	0,4	0,5	0,4	0,6	0,6	0,4	0,5
		−0,9	0,0	+0,1	0,0	−0,1	0,0	+0,3	0,0	−0,2	+0,1	−0,1	+0,2	0,0	−0,3	+0,1	+0,1	−0,4	−0,1	0,0	−0,2
25″	300	0,5	0,2	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,5	0,3	0,1	0,3	0,3	0,4	0,3	0,1	0,3	0,4
		−0,5	−0,1	+0,2	+0,1	0,0	−0,2	+0,1	+0,1	−0,1	0,0	−0,1	0,0	+0,1	+0,2	−0,1	−0,1	0,0	0,0	+0,1	+0,1
30″	300	1,0	0,5	0,2	0,3	0,5	0,6	0,3	0,3	0,5	0,3	0,5	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,3	0,4	0,2	0,5
		−0,7	−0,2	+0,1	0,0	+0,1	−0,2	0,0	−0,2	+0,1	0,0	−0,3	−0,1	−0,1	0,0	+0,2	+0,1	−0,2	0,0	+0,1	+0,2

Bemerkungen siehe Tabelle IV.

Tabelle VII. Beobachter: G. Zwischenzeit: 3″.

L	Z																				
A a	1560	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
N.T.		−0,4	+0,1	+0,2	0,0	+0,1	0,0	−0,1	0,0	−0,1	−0,1	+0,1	−0,1	0,0	0,0	−0,1	+0,1	0,0	−0,2	0,0	+0,1
a a	720	0,7	0,2	0,5	0,3	0,3	0,2	0,6	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,2	0,4	0,3	0,5	0,4
V.T.		−0,6	0,0	+0,1	0,0	−0,1	−0,1	0,0	0,0	+0,1	−0,1	0,0	+0,2	−0,1	0,0	−0,1	0,0	0,0	+0,1	−0,1	+0,1
a a	720	0,6	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
N.T.		−0,4	0,0	0,0	−0,1	0,0	+0,1	+0,1	0,0	0,0	+0,1	0,0	0,0	−0,1	+0,1	0,0	+0,1	−0,1	0,0	0,0	−0,1
i i	880	0,9	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,3	0,6	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5
V.T.		−0,8	−0,1	+0,1	+0,1	0,0	+0,1	−0,1	0,0	−0,1	0,0	−0,2	0,0	+0,1	−0,1	0,0	−0,1	0,0	0,0	+0,1	0,0
i i	880	0,3	0,2	0,2	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,3
N.T.		−0,3	−0,1	0,0	+0,1	+0,1	0,0	−0,1	0,0	−0,1	0,0	+0,1	−0,1	0,0	0,0	0,0	−0,1	+0,1	0,0	0,0	0,0
u u	940	0,6	0,3	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
V.T.		−0,5	0,0	0,0	−0,1	+0,1	0,0	+0,1	0,0	−0,1	0,0	+0,1	+0,1	0,0	−0,1	+0,1	0,0	0,0	0,0	+0,1	0,0
u u	940	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2
N.T.		−0,2	−0,1	0,0	+0,1	0,0	0,0	0,0	−0,1	+0,1	+0,1	0,0	0,0	0,0	−0,1	0,0	0,0	0,0	−0,1	0,0	0,0
i u	880	0,8	0,4	0,4	0,4	0,3	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
V.T.		−0,5	−0,1	+0,1	+0,1	−0,1	+0,2	+0,1	−0,1	0,0	+0,1	+0,1	0,0	+0,2	−0,1	0,0	−0,1	+0,2	+0,1	−0,1	+0,2
i u	880	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
N.T.		−0,2	0,0	0,0	+0,1	−0,1	−0,1	0,0	−0,1	0,0	+0,1	0,0	0,0	0,0	−0,1	−0,2	+0,1	−0,1	−0,1	+0,1	0,0
u i	840	0,6	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
V.T.		−0,5	−0,2	−0,1	0,0	0,0	+0,1	0,0	0,0	+0,2	0,0	0,0	−0,1	0,0	+0,2	0,0	−0,1	−0,1	0,0	0,0	+0,1
u i	840	0,4	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
N.T.		−0,1	0,0	0,0	−0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	−0,1	0,0	−0,1	0,0	0,0	0,0	+0,1	0,0	0,0	0,0

Die Tabelle bezieht sich auf Vortöne (V. T.) und Nachtöne (N. T.) bei verschiedenen Lautkombinationen. Die Bedeutung der Reihen ist dieselbe wie in Tabelle IV.

Tabelle VIII. Beobachter: S. Zwischenzeit: 3″.

L	Z																				
A a	1640	1,0	0,7	0,5	0,6	0,4	0,3	0,5	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,5	0,6
N. T.		− 0,8	− 0,3	+ 0,2	− 0,1	− 0,1	+ 0,3	+ 0,1	+ 0,2	0,0	+ 0,1	+ 0,1	0,0	+ 0,1	0,0	0,0	+ 0,2	+ 0,1	0,0	0,0	0,0
a a	880	1,1	0,6	0,5	0,6	0,7	0,6	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,7
V. T.		− 0,6	+ 0,1	0,0	+ 0,1	+ 0,1	0,0	+ 0,1	− 0,2	0,0	+ 0,1	0,0	− 0,1	− 0,1	+ 0,1	0,0	− 0,1	− 0,1	0,0	0,0	0,0
a a	880	0,6	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4
N. T.		− 0,5	+ 0,1	0,0	0,0	− 0,1	+ 0,1	0,0	0,0	+ 0,1	0,0	+ 0,1	+ 0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	− 0,1	+ 0,1	0,0	− 0,1
i i	1160	1,1	0,6	0,7	0,7	0,6	0,4	0,4	0,7	0,5	0,7	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6
V. T.		− 0,9	− 0,1	0,0	0,0	+ 0,1	− 0,1	0,0	+ 0,1	+ 0,1	0,0	− 0,1	+ 0,2	0,0	0,0	− 0,1	+ 0,1	0,0	0,0	− 0,1	0,0
i i	1160	0,9	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
N. T.		− 0,8	− 0,1	+ 0,1	0,0	− 0,1	0,0	0,0	0,0	+ 0,1	0,0	− 0,1	+ 0,1	0,0	+ 0,1	+ 0,1	0,0	− 0,1	0,0	+ 0,1	0,0
u u	1140	0,8	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4
V. T.		− 0,7	0,0	0,0	+ 0,1	+ 0,1	0,0	− 0,1	− 0,1	0,0	0,0	+ 0,1	− 0,1	0,0	+ 0,1	− 0,1	0,0	+ 0,1	0,0	− 0,1	+ 0,1
u u	1140	0,7	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3
N. T.		− 0,5	− 0,1	0,0	− 0,1	− 0,1	+ 0,1	0,0	+ 0,1	0,0	0,0	− 0,1	− 0,1	+ 0,1	0,0	+ 0,1	0,0	+ 0,1	− 0,1	− 0,1	0,0
i u	1220	1,0	0,5	0,4	0,5	0,4	0,6	0,6	0,7	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5
V. T.		− 0,9	+ 0,1	0,0	0,0	0,0	+ 0,1	− 0,1	0,0	+ 0,1	− 0,1	0,0	0,0	− 0,1	0,0	+ 0,1	0,0	0,0	+ 0,1	0,0	− 0,1
i u	1220	0,7	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,3	0,4
N. T.		− 0,6	− 0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	+ 0,1	− 0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	+ 0,1	+ 0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
u i	1220	1,1	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5
V. T.		− 1,0	0,0	− 0,1	− 0,1	+ 0,1	− 0,1	− 0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	+ 0,1	− 0,1	+ 0,1	0,0	0,0	− 0,1	0,0	+ 0,1
u i	1220	0,8	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
N. T.		− 0,6	− 0,1	0,0	+ 0,1	0,0	0,0	− 0,1	0,0	+ 0,1	0,0	0,0	+ 0,1	0,0	− 0,1	0,0	+ 0,1	0,0	− 0,1	0,0	0,0

Die Tabelle bezieht sich auf Vortöne (V. T.) und Nachtöne (N. T.) bei verschiedenen Lautkombinationen (L). Die Bedeutung der Reihen ist dieselbe wie in Tabelle IV.

Tabelle IX. Beobachter: W. Zwischenzeit: 3″.

L	Z																				
A a	1640	0,9	0,6	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4
N.T.		− 0,7	− 0,1	+ 0,2	0,0	+ 0,1	+ 0,1	0,0	+ 0,2	0,0	0,0	− 0,1	+ 0,1	− 0,1	0,0	− 0,1	+ 0,2	0,0	+ 0,1	0,0	− 0,1
a a	880	1,0	0,4	0,5	0,3	0,5	0,4	0,4	0,5	0,3	0,5	0,6	0,5	0,5	0,4	0,3	0,5	0,3	0,6	0,3	0,3
V.T.		− 0,8	+ 0,1	− 0,1	+ 0,2	0,0	0,0	− 0,1	0,0	0,0	+ 0,1	+ 0,1	0,0	0,0	0,0	− 0,1	0,0	+ 0,1	0,0	0,0	0,0
a a	880	0,5	0,2	0,1	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2
N.T.		− 0,4	− 0,1	0,0	0,0	0,0	+ 0,1	0,0	0,0	0,0	− 0,1	+ 0,1	0,0	0,0	0,0	+ 0,1	0,0	− 0,1	0,0	0,0	0,0
i i	1080	0,8	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5
V.T.		− 0,6	+ 0,1	− 0,1	+ 0,1	0,0	− 0,1	− 0,1	0,0	− 0,1	0,0	+ 0,1	− 0,1	0,0	− 0,1	+ 0,1	0,0	+ 0,1	− 0,1	0,0	+ 0,1
i i	1080	0,5	0,3	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3
N.T.		− 0,4	− 0,1	0,0	− 0,1	0,0	− 0,1	0,0	+ 0,1	0,0	− 0,1	− 0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	− 0,1	+ 0,1	0,0	− 0,1
u u	1060	0,9	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,5
V.T.		− 0,7	+ 0,1	− 0,1	+ 0,1	0,0	+ 0,1	0,0	0,0	0,0	− 0,1	0,0	+ 0,1	− 0,1	0,0	0,0	+ 0,1	+ 0,1	0,0	+ 0,1	0,0
u u	1060	0,5	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2
N.T.		− 0,4	− 0,1	0,0	0,0	0,0	+ 0,1	− 0,1	0,0	− 0,1	0,0	0,0	+ 0,1	+ 0,1	0,0	0,0	0,0	+ 0,1	0,0	0,0	+ 0,1
i u	1100	0,9	0,5	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,6	0,6	0,5	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5
V.T.		− 0,8	+ 0,1	0,0	− 0,1	+ 0,1	0,0	0,0	− 0,1	+ 0,1	+ 0,1	− 0,1	+ 0,1	0,0	− 0,1	− 0,1	0,0	0,0	0,0	+ 0,1	− 0,1
i u	1100	0,7	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
N.T.		− 0,6	+ 0,1	+ 0,1	0,0	− 0,1	− 0,1	0,0	0,0	+ 0,1	0,0	+ 0,1	0,0	+ 0,1	0,0	− 0,1	− 0,1	0,0	0,0	+ 0,1	0,0
u i	1080	0,9	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4	0,4
V.T.		− 0,7	− 0,1	+ 0,1	0,0	0,0	− 0,1	+ 0,1	− 0,1	0,0	+ 0,1	0,0	0,0	0,0	+ 0,1	0,0	0,0	− 0,1	− 0,1	0,0	0,0
u i	1080	0,4	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
N.T.		− 0,4	− 0,1	− 0,1	+ 0,1	0,0	0,0	+ 0,1	0,0	+ 0,1	0,0	− 0,1	0,0	0,0	− 0,1	+ 0,1	0,0	0,0	0,0	+ 0,1	0,0

Die Tabelle bezieht sich auf Vortöne (V. T.) und Nachtöne (N. T.) bei verschiedenen Lautkombinationen (L). Die Bedeutung der Reihen ist dieselbe wie in Tabelle IV.

Tabelle X. Beobachter: B., R., P.; G., S., W.

Zahl																				
								B. (Nachton)												
3290	2,0	0,9	1,1	1,1	1,2	1,3	1,0	1,0	1,2	1,2	1,0	1,2	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1	1,0
	−1,7	+0,2	0,0	0,0	−0,1	+0,3	−0,2	0,0	+0,1	0,0	+0,1	0,0	−0,1	0,0	0,0	+0,2	−0,2	+0,2	0,0	+0,3
								R. (Nachton)												
2840	0,6	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
	−0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	+0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	−0,1	+0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	+0,1
								P. (Nachton)												
3340	0,8	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5
	−0,6	0,0	+0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	+0,1	+0,1	−0,1	0,0	+0,1	−0,1	+0,1	0,0	−0,1	0,0	0,0	0,0
								G. (eigner Vorton)												
4260	0,7	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4
	−0,6	−0,1	0,0	0,0	0,0	+0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	−0,1	0,0	0,0	+0,1
								(Nachton nach eignem Vorton)												
4260	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	−0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	+0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
								S. (eigner Vorton)												
5620	1,0	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5
	−0,8	0,0	0,0	0,0	+0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
								(Nachton nach eignem Vorton)												
5620	0,7	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	−0,6	−0,1	0,0	0,0	−0,1	0,0	0,0	0,0	+0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	+0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
								W. (eigner Vorton)												
5200	0,9	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4
	−0,7	+0,1	0,0	+0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
								(Nachton nach eignem Vorton)												
5200	0,5	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2
	−0,4	−0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Zusammenfassung der Tabellen IV—IX.

Die obere Reihe enthält jedesmal die mittlere Abweichung, die untere Reihe die konstante Abweichung aller Einzelstadien mit derselben Ordnungszahl vom Tondurchschnitt. Alle Versuchsvariationen sind hier zusammengezogen. Die Kolumne unter Z enthält die Anzahl der Einzelmessungen. Bei den Versuchen des 2. Semesters (Beobachter G., S., W.) sind die Werte für Vorton und Nachton getrennt wiedergegeben.

weil hier von den Beobachtern ja nur Nachtöne (nach fremdem Vorton) gesungen wurden. Die Reihen geben die in der beschriebenen Weise gewonnenen durchschnittlichen Abweichungen der nach Zehntelsekunden abgegrenzten und innen auf 20 reduzierten Tonstadien von der durchschnittlichen Höhe desselben Tons. Die obere Reihe bezieht sich jedesmal auf die rohe mittlere Abweichung (ohne Berücksichtigung der Vorzeichen), die untere auf die konstante mittlere Abweichung. Tabelle X faßt die Tabellen IV—IX zusammen. Sie gibt von jedem Beobachter den Gesamtdurchschnitt aller Tonschwankungen mit derselben Ordnungszahl. Nur Nachton und Vorton sind bei den Beobachtern des 2. Semesters auch hier noch getrennt angegeben.

Wie aus den Tabellen hervorgeht, sind die Werte von *Fm* und *Cm* völlig regellos über den ganzen Tonverlauf verteilt. Nur die erste Zehntelsekunde macht insofern hiervon eine Ausnahme, als die Zunahme von *Fm* gleichzeitig mit dem hier stets negativen *Cm* eine starke Vertiefung des Tonanfangs gegenüber dem Tondurchschnitt anzeigt. Diese Vertiefung ist so regelmäßig, daß sie rein physiologisch begründet sein muß [1]). Wahrscheinlich rührt sie davon her, daß die Schwingungsamplitude der Stimmbänder bei Tonbeginn nicht sofort ihre Maximalgröße hat, sondern rasch ansteigt. Da hiermit bei

[1]) Cameron, a. a. O. S. 297 erklärt die Tatsache der Tonerhöhung kurz nach Beginn des Tons folgendermaßen: Weil der eigene Stimmklang durch das Gehör reguliert wird, entsteht beim Singen eine Bahnung (»open channel«) vom Hörzentrum über die betreffenden motorischen Zentren nach den Kehlkopfmuskeln: Sobald nun der eigene Stimmton seine Wirkung auf das Gehör des Sängers (peripher) geltend macht, wird die Energieentladung, die er im Hörzentrum hervorruft, durch die schon offene Bahnung zu den Stimmuskeln geleitet und bewirkt hier eine Kontraktionsverstärkung, d. h. Tonerhöhung. Einen Beleg für diese Erklärung findet Cameron (S. 290) in der kurzen Tonerhöhung, die bisweilen $^2/_{10}$ Sekunden nach der Störung des Sängers durch unerwartetes Fußstampfen eintrat. — Die Tatsache, daß die Tonerhöhung nach dem unerwarteten heftigen Fußstampfen, das offenbar doch eine viel stärkere Energieentladung im Hörzentrum bewirken müßte als das Zugehörkommen des eigenen Stimmklangs, erstens bedeutend später auftritt als die regelmäßige Tonerhöhung nach der ersten Zehntelsekunde und zweitens in der Mehrzahl der Fälle ganz ausbleibt, hätte Cameron bei dieser Erklärung doch stutzig machen müssen. Wenn es trotz der entstandenen Bahnung nach Cameron die Regel ist, daß die Energieentladung durch äußere Schalleindrücke (besonders wenn ihr Eintreffen nicht unerwartet erfolgt) in andere Bahnen abgelenkt wird, wie ist es dann möglich, daß der nicht nur erwartete, sondern willkürlich intonierte eigene Stimmklang immer noch die Kehlkopfmuskeln affiziert?

membranösen Zungen wie es die Stimmbänder sind, eine Vergrößerung der mittleren Spannung, d. h. eine Tonerhöhung verbunden ist, so ist das Ansteigen des Tons bei seinem Beginn selbstverständlich. — Die Erwartung (auf Grund welcher eigentlich die ganzen Messungen des Tonverlaufs vorgenommen waren), daß sich im Tonanfang eine Periode größerer zu- und abnehmender Unsicherheit je nach den Versuchsbedingungen an der Größe der Tonschwankungen feststellen ließe, hat sich nicht bestätigt. Weder *Fm* noch *Cm* zeigen — von der erwähnten Vertiefung abgesehen — im ersten Teil des Tons irgendwie andere Werte als in der Tonmitte und im Tonende. Die völlige Gleichwertigkeit aller Einzelstadien des Tons (mit Ausnahme des ersten) wird am schärfsten durch die zusammenfassende Tabelle X, deren Angaben sich auf eine sehr große Zahl von Einzelwerten beziehen (die Anzahl ist links unter Zahl angegeben), zum Ausdruck gebracht. Hier sind die Werte von *Cm* so klein, daß sie fast nirgends die erste Stelle nach dem Komma beeinflussen. Die Ausnahmen von dieser Regel sind völlig ohne erkennbare Ordnung über den Verlauf der Reihen verteilt.

Auch die Größenschwankungen von *Fm* während des Tonverlaufs sind hier sehr gering und völlig regellos. — Diese Feststellungen stimmen nicht ganz mit den Ergebnissen Camerons überein. Eine Verschiedenheit ist leicht erklärt: Cameron fand, daß der Ton gegen das Ende häufig erhöht wurde. Er ließ aber die (hier nur 2″ gehaltenen) Töne so lange wie möglich halten. Daß die Tonvertiefung durch Verringerung der Schwingungsamplitude der Stimmbänder, die mit der Abnahme des Luftdrucks im Thorax verbunden ist, durch stärkere Anspannung der Muskeln überkompensiert wurde, ist eine Erscheinung, für welche sich überall auf psychologischem Gebiet Analoga finden lassen[1]). Beim Abbrechen des Tons nach 2″ konnte eine solche Überkompensation natürlich nicht in Betracht kommen, weil noch gar nichts zu kompensieren war. Außerdem aber stellt Cameron eine Vergrößerung der Tonschwankungen während der ersten $^3/_{10}$ Sekunden des Tonverlaufs fest, die sich bei Einführung von Störungen sogar auf $^5/_{10}$″ ausdehnt. — Allerdings sind die Versuche der ersten Versuchs-

[1]) Ein Beispiel findet sich in Camerons Arbeit selber S. 284, wonach Störungstöne eine Abweichung vom Normalton nach der entgegengesetzten Richtung hervorriefen.

serie Camerons, in der die Töne ohne Vorton frei gewählt wurden (um überhaupt die Sicherheit festzustellen, mit der ein begonnener, ganz beliebiger Ton fortgesetzt werden könnte), wohl nicht zahlreich genug, um ein sicheres Urteil zu erlauben.

Das Hervortreten der ersten drei bis fünf Zehntelsekunden in den übrigen Versuchsserien Camerons widerspricht den Ergebnissen Klünders, der ausdrücklich die »bewundernswürdige Genauigkeit«, mit welcher die menschliche Stimme den Ton einsetzen könne, hervorhebt[1]). Der Widerspruch erscheint uns deshalb schwer lösbar, weil ein Teil des Cameronschen Versuchsverfahrens genau dieselben Bedingungen enthält wie die Versuche Klünders. Hier wie dort wird der Stimmklang während des weiter forttönenden als »Normalton« dienenden Orgeltons eingesetzt. Dagegen läßt sich die Verschiedenheit zwischen den Ergebnissen Camerons und dieser Versuche wohl auf die verschiedenen Versuchsbedingungen zurückführen: Cameron ließ alle Töne (mit Ausnahme der schon erwähnten ersten Serie) während des oder unmittelbar nach dem Vorton einsetzen, während in unseren Versuchen die Zwischenzeiten zwischen Vorton und Nachton nicht unter den Zeitwert einer Sekunde heruntergingen. Da die Genauigkeit der Wiedergabe unmittelbar nach dem Eindruck nicht am größten ist, so kann man die Unsicherheit der ersten drei Zehntelsekunden in den Versuchen Camerons wohl auf den Mangel einer Zwischenzeit zurückführen. Jedenfalls ist durch die zur Diskussion stehenden Versuche festgestellt, daß bei den hier zur Anwendung gekommenen Versuchsbedingungen die Stimmklänge (abgesehen von der auf physikalische Faktoren zurückgeführten Tonvertiefung in der ersten Zehntelsekunde) keine größere Unsicherheit im Anfang erkennen lassen, als im weiteren Verlauf des Tons.

Ebenfalls geht aus den Tabellen hervor, daß die Tonschwankungen

---

[1]) Klünder, a. a. O. S. 123, hat die regelmäßige Vertiefung des Tonanfangs, welche durch die Versuche Camerons und dieser Arbeit übereinstimmend fast stets festgestellt ist, nicht gefunden. Wegen der Größe der Abweichung kann dieser Mangel kaum an dem Meßverfahren Klünders liegen. Wahrscheinlicher ist, daß die von Klünder nicht an den Kehlkopfknorpel angelegten, sondern vor den Mund gehaltenen mit Membranen überzogenen Kapseln auf den bedeutend tieferen Tonanfang überhaupt nicht angesprochen haben. Denn Klünder bemerkt, die Membranen hätten, um eine deutliche Kurve zu geben, sehr genau auf den zu singenden Ton abgestimmt sein müssen. Cfr. Gutzmann, Physiol. d. Stimme und Sprache, 1909, S. 48.

in regellosem Wechsel von Messung zu Messung auf- und abgehen, ohne irgendwelche größeren Perioden aufzuweisen. Diese beiden Tatsachen zusammen mit den früheren Feststellungen über den günstigen Einfluß eigener Artikulation und die assimilative Wirkung der Vokalformanten auf die Tonwiedergabe geben einige Aufschlüsse über das Zusammenwirken von Artikulation und Gehör beim Nachsingen, an die sich noch weitere Schlüsse und Wahrscheinlichkeiten über die Tonauffassung überhaupt anknüpfen lassen. Wir kommen damit zu den auf Seite 45 schon angekündigten theoretischen Erörterungen.

2. Theoretische Erörterung der Ergebnisse.

a) Die peripher erregten Gehörsempfindungen sind an der Regulierung des Stimmklangs nicht direkt beteiligt.

Die Frage nach der Bedeutung von Artikulation und Gehör für die Regulierung des Stimmklangs möge durch folgendes Beispiel erläutert werden. Wenn ich ein musikalisches Instrument, z. B. eine Violine, nach einem gegebenen Ton »stimme«, so bin ich allein auf mein Gehör angewiesen. Ich merke zwar die Änderungen in der Spannung der zu stimmenden Saite auch mittels des Tastsinns. Die Modifikationen in der Tonhöhe, die mit diesen Spannungsänderungen verbunden sind, muß ich aber jedesmal durch das Gehör extra feststellen. Nur wenn das Instrument so eingerichtet ist, daß dieselben Tastempfindungen sich stets mit Hervorbringung derselben Tonhöhe verbinden, entsteht allmählich eine so feste Assoziation zwischen den beiden Empfindungssystemen, daß es möglich ist, eine bestimmte Tonhöhe allein mit Hilfe des Tastsinns sicher zu treffen, wie es z. B. beim Violinspielen notwendig ist. — Die Frage ist nun: Verläßt sich der Sänger bei Angabe einer bestimmten Tonhöhe im Stimmklang ebenso wie der Violinspieler, der die verschiedenen Griffe ausführt, ohne ihre klangliche Wirkung jedesmal erst durch das Gehör zu prüfen, auf die bei Innervierung der Kehlkopfmuskeln entstehenden Tastempfindungen, — oder wird der Ton zunächst nur einigermaßen genau auf Grund dieser Tastempfindungen eingesetzt und sofort nachher durch das Gehör korrigiert? Beim Stimmklang kommt zu dieser Frage noch eine zweite Frage: Dem Violinspieler

macht es keine Schwierigkeiten, den einmal getroffenen Ton innezuhalten, er braucht den fest aufgesetzten Finger nur ruhig liegen zu lassen. Da aber der Sänger für das Innehalten der eingesetzten Tonhöhe keinerlei äußere Stützpunkte hat, so fragt es sich: 2. Wird der eingesetzte Stimmklang allein durch den Tastsinn auf derselben Höhe gehalten, oder greift das Gehör jedesmal, wenn die Veränderung der Spannung der Kehlkopfmuskeln eine Veränderung der Tonhöhe bewirkt hat, korrigierend ein?

Um ein ganz analoges Beispiel für die beiden Fragen zu haben, könnte man sich einen Musiker denken, welcher seine Töne auf einer nur an einem Ende fixierten Saite hervorbringt; an deren anderem Ende der Musiker, während er sie mit Hilfe der rechten Hand anstreicht, unmittelbar mit der linken Hand zwecks Bestimmung der Tonhöhe einen stärkeren oder geringeren Zug ausübt. Hier würden dann ebenfalls die Fragen entstehen: 1. Inwieweit ist der Musiker fähig, unmittelbar durch die Spannungsempfindungen der innervierten Armmuskeln eine vorgestellte oder gegebene Tonhöhe zu treffen, bevor er den entstehenden Ton gehört hat; — und 2. sind die Abstufungen der betreffenden Muskelempfindungen so fein, daß alle Schwankungen in der Spannung der Saite zu klein sind, um als Tonveränderungen gehört zu werden; oder muß das Gehör, sobald es eine Abirrung nach der einen oder anderen Seite vernimmt, jedesmal erst korrigierend eingreifen?

Die beiden Fragen lassen sich auf Grund der vorliegenden Resultate für die Stimme leicht beantworten. Wäre es so, daß der Stimmklang von bestimmter Tonhöhe zuerst durch die inneren Tastempfindungen nur ungefähr getroffen und dann, nachdem er gehört ist, erst durch Vermittlung der peripher erregten Gehörsempfindungen korrigiert würde, so müßte im Anfang des Tons stets eine Periode der Unsicherheit bemerkbar sein, die sich (abgesehen von der Vertiefung) aber nicht feststellen läßt. Zweitens ließe sich unter der Annahme, daß der Stimmklang durch die peripheren Gehörempfindungen reguliert würde, ein zweites aus unseren Versuchen unzweideutig hervorgehendes Resultat nicht erklären. Das ist der günstige Einfluß der eigenen Artikulation auf die Tonwiedergabe. Wäre das Zugehörkommen des eigenen Stimmtons bei seiner genaueren Regulierung der ausschlaggebende Faktor, so könnte die eigene Artikulation die

Genauigkeit der Wiedergabe in keiner Weise beeinflussen [1]). Denn der Gehörseindruck, den ein selbstgesungener Vorton hinterläßt, weicht nicht so stark von dem eines möglichst mit gleicher Intensität gesungenen fremden Vortons ab, um die Änderung in der Genauigkeit der Wiedergabe begreiflich erscheinen zu lassen. Demnach wird der Ton genau eingesetzt, ohne daß er dem Sänger zunächst zu Gehör gekommen ist. — Damit ist auch die zweite Frage entschieden [2]). Denn wenn die Abstufungen der Innervationsempfindungen fein genug sind, um ein richtiges Einsetzen des Tons zu bewirken, so ist nicht einzusehen, weshalb sie nicht auch den weiteren Verlauf des Tons selbständig regulieren sollten. Diese Selbstverständlichkeit wird bestätigt durch das regellose Auf- und Abschwanken der Tonhöhe, welches bei Zehntelsekundenmessung keinerlei Perioden erkennen läßt, während zu erwarten wäre, daß diesen kurzen Schwankungen längere Perioden superponiert wären, wenn eine Tonänderung durch das Gehör perzipiert und dann erst kompensiert würde. Die peripher erregten Gehörsempfindungen scheiden also bei der Frage nach den Faktoren, welche die Regulierung des eigenen Stimmklangs direkt bewirken, aus.

Nun paßt das Beispiel vom Monochord, dessen Tonhöhe direkt durch die Hand verändert wird, aber doch nicht ganz auf die Verhältnisse beim Singen. Allerdings kann sich bei einem solchen Instrument durch große Übung eine ziemlich feste Assoziation zwischen den verschiedenen Muskelempfindungen und den damit verbundenen Tonempfindungen bilden. Diese Assoziation wird aber nie so stark werden, daß es gar nicht oder nur schwer möglich ist, die betreffenden Muskeln überhaupt zu innervieren, ohne daß sich mit der Innervation eine ganz bestimmte Klangvorstellung verbände. So ist es aber beim Stimmklang. Wenn wir unsere Kehlkopfmuskeln kontrahieren wollen, so müssen wir uns eine bestimmte Klanghöhe vorstellen. Ohne die Klangvorstellung gelingt die Innervation überhaupt nicht oder wenigstens nur sehr schwierig und ungenau. (Andererseits ist es mir nach eigner Beobachtung nicht möglich, bei Innervierung zweier sehr nahe

[1]) Dieser Satz gilt nur für das zeitliche Optimum der Wiedergabe und für Zwischenzeiten, welche (wie drei Sekunden) nicht zu weit von diesem Optimum entfernt sind. Siehe diese Arbeit S. 77.

[2]) Siehe Seite 75, Schluß des Kleingedruckten.

beieinander liegender Tonhöhen der Mittellage unter Abstraktion von der Tonhöhenverschiedenheit auch nur die geringste Änderung der inneren Tastempfindungen zu bemerken. Dies gelingt erst bei größeren Tonschritten, besonders in der Nähe der oberen und unteren Grenzen des Stimmumfangs [1]). Bei ganz geringen Augenbewegungen werden auch die inneren Tastempfindungen durch die mit Verschiebung des Blickfeldes verbundenen Gesichtsempfindungen zurückgedrängt. Aber mag die Verschiebung des Fixierpunktes noch so gering sein, wenn man die Aufmerksamkeit auf die Bewegungsempfindungen konzentriert, kann man sie stets wahrnehmen [2]).

b) Die Erregung erfolgt durch zentral erregte Gehörsempfindungen und durch innere Tastempfindungen.

Also es scheint so, als ob das Zurücktreten der inneren Tastempfindungen hinter den mit der Kehlkopfmuskelinnervation verbundenen (»inneren«) Gehörsempfindungen stärker sei als die erwähnte Verdeckung der Augenbewegungsempfindungen durch die Gesichtsempfindungen. Nun haben die inneren Tastempfindungen, soweit sie für den Stimmklang in Betracht kommen (die Druckempfindungen der Haut spielen hier keine Rolle) einen doppelten Ursprung. Zum Teil werden sie erst nach vollzogener Muskelkontraktion durch den sensiblen Nerven vom Muskel und den Gelenken aus im Zentralorgan erregt; teils entstehen sie im sensiblen Zentrum durch direkte Miterregung vom motorischen Zentrum aus [3]). Die

---

[1]) Um dies Fehlen der Tastempfindungen im Kehlkopf festzustellen, muß man einen kontinuierlich gehaltenen Ton eine Änderung geben, welche die Schwelle der Merklichkeit gerade eben überschreitet. Sobald die Änderung etwas größer wird, stellen sich die mit ihr verbundenen Tastempfindungen deutlich ein. Diese Selbstbeobachtung wird sich schwerlich experimentell nachprüfen lassen. Übrigens hat sie für unsere weiteren Folgerungen keine Bedeutung.

[2]) Vergleiche hierzu Wundt, Vorlesungen über die Menschen- und Tierseele IV 1906; S. 165.

[3]) Cfr. Wundt, Phys. Psych. II5, S. 34 ff. In Eulenburgs Realencyklopädie der gesamten Heilkunde, Bd. XVI, S. 235 findet sich die Behauptung, Wundt vertrete die Ansicht, daß sich unmittelbar mit dem motorischen Akt der Innervation ohne Beteiligung sensibler Zentren eine Empfindung verbände. Da die Unterscheidung zwischen diesem Begriff der »Innervationsempfindung« im engeren Sinne und dem Begriff einer durch Miterregung des sensiblen Zentrums entstehenden Empfindung, der in dem genannten Werk gänzlich übersehen ist, bereits in der fünf Jahre früher erschienenen IV. Auflage der Phys. Psych. S. 425/26 deutlich zu erkennen ist, so ist wohl zu erwarten, daß der Irrtum in der jetzt neu erscheinenden Auflage der Encyklo-

enge Verbindung zwischen Innervationen der Kehlkopfmuskeln und ihren entsprechenden Tonempfindungen weist nun darauf hin, daß auch das »Hörzentrum« von dem betreffenden motorischen Zentrum aus regelmäßig miterregt wird. Eine solche Miterregung machen auch die anatomischen Verhältnisse wahrscheinlich; nämlich die benachbarte Lage des motorischen Zentrums für die Kehlkopfmuskeln in der letzten Stirnwindung und des Hörzentrums im hinteren Teile der ersten Schläfenwindung, sowie vor allem das starke Faserbündel des Fasciculus uncinatus, das die beiden Zentren direkt miteinander verbindet[1]). Diese direkte Miterregung des Hörzentrums scheint nun bei der Regulierung des Stimmklangs eine ganz andere Rolle zu spielen als die Erregung desselben Zentrums auf peripherem Wege durch das Anhören des eigenen Stimmklangs. Denn die drei Gründe, welche uns zur Verwerfung jeglicher Mitwirkung der letzteren Erregungsart führten, gelten nicht für die innere Miterregung. — Die Frage, inwieweit sich diese zentral erregten Gehörsempfindungen und die beiden Arten der inneren Tastempfindungen in die richtige Intonierung und weitere Regulierung des Stimmklangs teilen, läßt sich nicht genau beantworten. Es lassen sich höchstens mehr oder weniger sichere Vermutungen über die Grenzen ihrer Wirkung aufstellen, wie wir es im folgenden versuchen wollen.

Unter »Regulierung« ist hier stets sowohl das korrekte Einsetzen als auch das Halten des eingesetzten Tons verstanden.

Die Selbstverständlichkeit, daß die Kehlkopfmuskeln bereits vor dem Anblasen der Stimmbänder kontrahiert sind, ergibt sich unmittelbar aus der Tatsache korrekten Einsatzes, sie läßt sich auch durch die Selbstbeobachtung leicht bestätigen.

Dagegen scheint uns die Frage, ob die Klangvorstellung der Innervation der Kehlkopfmuskeln oder diese jener vorangehe, deshalb zwecklos, weil beim Nachsingen eines Stimmklangs eins ans andere gebunden ist und beides gleichzeitig erfolgt. Es läßt sich darüber streiten, ob

---

pädie berichtigt wird — zumal Wundt den gekennzeichneten Unterschied in der V. Auflage der Phys. Psych. aufs schärfste hervorhebt und die »Innervationsempfindung« ausdrücklich bekämpft. — Daß andererseits die Empfindungen von Paralytikern und Verstümmelten bei Innervationen gelähmter oder amputierter Glieder ohne die Annahme zentraler Entstehung nicht zu erklären sind, ist doch wohl unbestreitbar. Vgl. auch besonders die Ausführungen über Parese der Augenmuskeln, a. a. O. S. 27.

[1]) Wundt, Phys. Psych. I[6], S. 265.

die Spannungsempfindungen im Kehlkopf jeden Einzelklang bei bloßem Anhören und innerer Reproduktion in leisen Spuren begleiten, oder ob sie auch ganz fehlen können. Hier spielen vielleicht individuelle Unterschiede eine große Rolle. Aber wenn sich jemand einen gehörten Ton mit der unmittelbaren Absicht des Nachsingens vorstellt, so begleiten die Spannungsempfindungen der kontrahierten Kehlkopfsmuskeln diese Vorstellung in voller Intensität. Man könnte demnach sagen: Es ist einerlei, ob man in diesem Falle von Miterregung des Hörzentrums (resp. Tastzentrums) vom motorischen Zentrum der Kehlkopfmuskeln oder umgekehrt von Miterregung des motorischen Zentrums durch das Hörzentrum spricht. Wenn wir trotzdem allein die erste Ausdrucksweise wählten, so haben wir dafür folgenden Grund: Beim korrekten Einsatz und Halten einer Tonhöhe im Stimmklang kommt es auf die Fähigkeit an, die Stärke des von dem motorischen Zentrum der Kehlkopfmuskeln zwecks Kontraktion gegebenen Impulses richtig abzuschätzen. Diese ist aber, wie ausgeführt wurde, auf vier Arten denkbar:

1. durch Erregung des sensorischen Artikulationszentrums bei tatsächlicher Kontraktion der Kehlkopfmuskeln von diesem aus (eigentliche Muskelempfindung);

2. durch direkte Miterregung des sensorischen Artikulationszentrums vom motorischen Zentrum aus;

3. durch direkte Miterregung des Hörzentrums vom motorischen Zentrum;

4. durch eine unmittelbar mit der Innervation verbundene Empfindung (Innervationsempfindung).

Da uns die Annahme einer Innervationsempfindung nach den obigen Ausführungen unbegründet erscheint, so bleiben die drei ersten Möglichkeiten, bei denen es sich — soweit sie sich auf direkte Miterregung beziehen — immer um Miterregung eines sensiblen Zentrums von einem motorischen aus handelt — nicht umgekehrt.

Das Halten des eingesetzten Stimmklangs auf der intonierten Tonhöhe, also der zweite Teil der Funktionen, die wir unter Regulierung zusammengefaßt hatten, geschieht wohl im allgemeinen rein reflektorisch, wenn man aber genau auf den Verlauf des Tons achtet, scheinen die Regulierungsimpulse doch in geringem Grade bemerkbar zu werden. — Auf jeden Fall ist die Frage nach den Empfindungen, welche das Innehalten der eingesetzten Tonhöhe ermöglichen, deshalb nicht zwecklos, weil die Reflexe doch einmal auf Grund dieser Empfindungen durch Einübung mechanisiert sein müssen.

Die erwähnte Schwerfälligkeit in der Innervierung der Kehlkopfmuskeln ohne begleitende Klangvorstellung in Verbindung mit dem völligen Verschwinden der inneren Tastempfindungen hinter den Tonempfindungen bei kleinsten Tonschritten in der Mittellage des Stimmumfangs könnte zu der Vermutung führen, daß die feinere Intonie-

rung und Regulierung des Stimmklangs allein durch die zentrale Miterregung des Hörzentrums ermöglicht würde.

Der etwaige Einwand, daß wir uns innerlich sowohl durch »stilles Singen« als auch ohne dasselbe bestimmte Tonhöhen vorstellen könnten und ein Bewußtsein von dem Unterschied beider Vorstellungsarten hätten, würde die Vermutung nicht treffen. Dieser Unterschied könnte immerhin durch die gröber abgestuften zentral miterregten Tastempfindungen, die beim »inneren Singen« hinzukämen, ohne dasselbe aber fehlten, zu Bewußtsein gebracht werden; oder durch die besondere Nuance, welche die Erregung vom motorischen Zentrum der Kehlkopfmuskeln den zentral erregten Tonempfindungen verleiht, oder auf irgend eine andere Weise.

Der andere Einwand, daß der günstige Einfluß des eigenen Vortons auf die Tonwiedergabe gegenüber fremdem Vorton nicht denkbar wäre, wenn in beiden Fällen nur die periphere und zentrale Erregung des Hörzentrums in Betracht käme, wäre nicht nur deshalb hinfällig, weil das Hinzukommen der zentralen Erregung zur peripherischen den günstigen Einfluß des eigenen Vortons auf die Auffassung der Tonhöhe überhaupt sehr wohl erklären könnte. Es ist vielmehr noch zu beachten, daß die Feststellung dieses günstigen Einflusses sich auf Fälle bezog, in denen der Nachton stets vom Beobachter gesungen wurde. Wenn dieser Nachton allein auf Grund der zentralen Miterregung des Hörzentrums reguliert wird, so ist ein günstiger Einfluß gleichartiger vorangehender Erregung gar nicht zu bezweifeln. — Die Annahme dagegen, daß die inneren Tastempfindungen allein den Stimmklang regulierten, ist unwahrscheinlich wegen des völligen Zurücktretens der inneren Tastempfindungen hinter den zentral erregten Gehörsempfindungen bei kleinen Tonschritten. Dagegen läßt sich der assimilierende Einfluß der klanglichen Elemente in den Vokalen *i* und *u* ebensowenig gegen die Regulierung des Stimmklangs durch innere Tastempfindungen wie gegen seine Regulierung durch Miterregung des Hörzentrums ins Feld führen. Denn beide Empfindungsarten sind allein abhängig von der Innervation der Kehlkopfmuskeln, während die klanglichen Elemente der Vokale mit diesen Innervationen gar nichts zu tun haben.

Es ist überhaupt wesentlich, die Faktoren, welche die Regulierung des Stimmklangs besorgen, streng von jenen zu sondern, welche seine Wiedergabe überhaupt beeinflussen. Der letzte Begriff ist natürlich der umfassendere. Außerdem ist die Rangordnung der beeinflussenden Faktoren bei der Regulierung eine andere als bei der Wiedergabe überhaupt: für diese nämlich kommt es wesentlich auf die Stärke der Apperzeption an, welche den einzelnen Empfindungsbestandteilen des eigenen Stimmklangs zuteil wird. Daher stehen die peripher erregten Gehörsempfindungen hier besonders in der Mittellage an erster Stelle, während sie für die Regulierung gar nicht in Betracht kommen [1]). Denn bei der Regulierung spielt die Stärke der Apperzeption deshalb keine Rolle, weil die Regulierung so mechanisiert ist, daß eine Beteiligung der Apperzeption hier in keiner Weise platzgreift. Deshalb können hier gerade die Empfindungsbestandteile die erste Rolle spielen, die überhaupt nicht gesondert apperzipiert werden.

Aus diesen Darlegungen geht hervor, daß man im allgemeinen von der Beteiligung einzelner Faktoren des eigenen Stimmklangs an der Tonwiedergabe nicht auf ihre Bedeutung für die Regulierung des Tons schließen darf. Nur unter besonderen Umständen ist ein derartiger Schluß möglich. So hatten wir (auf Seite 71 unten) durch den günstigen Einfluß eigener Artikulation auf die Tonwiedergabe unsere Behauptung mit begründet, daß die peripher erregten Gehörsempfindungen bei der Tonregulierung nicht mitwirkten. Wir hatten in Anmerkung 1 aber hinzugefügt, daß sich diese Folgerung streng genommen nur auf das zeitliche Optimum der Wiedergabe bezöge. Der Schluß war dort so: Wenn die peripher erregten Gehörsempfindungen den Ton regulierten, so müßten sie auf Tonänderungen des eigenen Stimmklangs feiner reagieren als die inneren Tastempfindungen (inklusive der zentral miterregten Gehörsempfindungen), weil sie bezüglich der Geschwindigkeit des Eingreifens diesen gegenüber benachteiligt sind. Die Annahme feinerer Reaktion der peripher erregten Gehörsempfindungen auf Tonänderungen des Stimmklangs verträgt sich aber nicht mit der Steigerung des Optimums der Wiedergabe durch die bei eigener Artikulation hinzukommenden inneren Tast- (und zentralen Gehörs-) Empfindungen.

[1]) S. 70 ff.

Aus der assimilativen Beeinflussung der Tonwiedergabe durch die klanglichen Bestandteile der Vokale *i* und *u* lassen sich, wie gesagt, für die Frage, ob die Tonregulierung vorwiegend durch innere Tastempfindungen oder durch zentral miterregte Gehörsempfindungen erfolgt, gar keine Schlüsse ziehen. Bei der Mitwirkung der einzelnen Faktoren des Stimmklangs bei der Tonwiedergabe kommt es wesentlich an auf die Stärke der Apperzeption, bei der Tonregulierung aber erstens auf die Feinheit der Empfindungsabstufungen und zweitens auf die Schnelligkeit des Eingreifens. Weil hierin die inneren Tastempfindungen und zentral erregten Gehörsempfindungen den peripher erregten Gehörsempfindungen voraus sind, kommen sie diesen gleichsam bei der Regulierung des Stimmklangs stets zuvor [1]).

c) Psychische Struktur des Stimmklangs.

Die gefundenen Sätze über die psychische Struktur des eigenen Stimmklangs lassen sich folgendermaßen zusammenstellen:

Der eigene Stimmklang ist eine Komplikation, die sich aus zwei verhältnismäßig selbständigen Vorstellungs-Bestandteilen zusammensetzt: Aus den Empfindungen, welche die Hervorbringung einer bestimmten Tonhöhe begleiten und denjenigen, welche mit der Vokalisation verbunden sind. — Diese beiden Bestandteile stehen aber doch nicht so unabhängig nebeneinander, daß eine assimilative Beeinflussung zwischen ihnen ausgeschlossen wäre. Vielmehr beweist die assimilierende Wirkung, welche die klanglichen Elemente der Vokale auf die Wiedergabe der Tonhöhe ausüben, daß die Auffassung der Tonhöhe eines eigenen Stimmklangs durch die Vokalisation beeinflußt wird [2]). —

---

[1]) Es ist übrigens wahrscheinlich, daß die zentral miterregten Tastempfindungen gegenüber den eigentlichen Muskelempfindungen bezüglich der Tonregulierung denselben Vorzug genießen, wie die zentral miterregten Gehörsempfindungen gegenüber den peripher erregten Gehörsempfindungen. Doch bleibe dieser Unterschied dahingestellt, weil es wahrscheinlich ist, daß die inneren Tastempfindungen gegenüber den zentral erregten Gehörsempfindungen bei der Regulierung des Stimmklangs überhaupt zurücktreten; und weil unsere Versuchsergebnisse diese Frage nicht berühren.

[2]) Trotzdem läßt sich ihre Beziehung nicht als Verschmelzung auffassen. Die Grenzen dieses Begriffes hat Wundt neuerdings scharf markiert in dem Aufsatz »Über reine und angewandte Psychologie«. Psych. Stud. Bd. V, S. 41.

Beide unterschiedenen Bestandteile zerfallen in Gehörs- und Artikulationsempfindungen. Die Artikulationsempfindungen bestehen wieder aus den Muskelempfindungen im eigentlichen Sinne und den zentral miterregten inneren Tastempfindungen. Auch die Gehörsempfindungen zerfallen in peripher erregte und zentral erregte [1]). In dem zur Vokalisation gehörigen Empfindungskomplex dominieren die Gehörsempfindungen. In dem zum Stimmklang selbst gehörigen Empfindungskomplex dagegen ist die Apperzeptionsstärke der verschiedenen Empfindungsarten zum Teil von der Tonhöhe abhängig: Während in der Mittellage des Stimmumfangs die peripher erregten Gehörsempfindungen die inneren Tastempfindungen fast ganz verdrängen, treten diese an der unteren und besonders an der oberen Grenze des Stimmumfangs viel stärker hervor. Experimentell läßt sich dieser Wechsel im Vorrang sehr schön verfolgen: die günstige Wirkung des eigenen Vortons auf die Genauigkeit des Nachsingens, welche den Artikulationsempfindungen allein zuzuschreiben ist, macht sich besonders stark in der Höhe und Tiefe des Stimmumfangs durch Verkleinerung des konstanten Fehlers geltend, der bei fremdem Vorton so groß ist, daß er nicht auf die Tendenz zur Angleichung von Tönen an die Mittellage überhaupt, sondern hauptsächlich eben auf den assimilierenden Einfluß der mit dem Nachsingen verbundenen Artikulationsempfindungen zurückzuführen ist.

Die peripher erregten Gehörsempfindungen, welche besonders in der Mittellage in der Apperzeption mit an erster Stelle stehen, greifen nun aber in die Regulierung des Stimmklangs überhaupt nicht direkt ein, weil die zentral miterregten Gehörs- und die inneren Tastempfindungen ihnen »zuvorkommen«. Wie sich diese beiden Empfindungsarten in die Regulierung teilen, läßt sich auf Grund der Ergebnisse nicht entscheiden. Die große Genauigkeit, mit welcher der Ton eingesetzt und eingehalten wird — sowie gewisse (oben aufgezählte) Tatsachen der Selbstbeobachtung machen einen vorwiegenden Einfluß der zentral erregten Tonempfindungen wahrscheinlich. Möglich ist sogar, daß diese allein die feinere Regulierung besorgen.

[1]) Diese letzteren kann man, soweit sie durch Miterregung vom motorischen Zentrum aus entstehen, mit zur Artikulation im weiteren Sinne rechnen, weil sie unmittelbar mit der eigenen Artikulation zusammenhängen.

Auf Seite 64 dieser Arbeit ist schon eine Analogie zwischen Gesichtsvorstellungen und Gehörsvorstellungen angedeutet, die sich auf Grund der »Theorie der komplexen Lokalzeichen« (siehe Wundt, Phys. Psych. II[5], S. 668 ff.) ziemlich weit durchführen läßt:

Wenn man von dem selbständigen Empfindungskomplex der Vokalisation völlig absieht, so ist zunächst der eigene Stimmklang ähnlich wie die Gesichtsvorstellung eine Verschmelzung aus qualitativ und intensiv abgestuften Empfindungen. Wählt man der Deutlichkeit wegen etwas grobe Ausdrücke, so kann man einander gegenüberstellen:

»Netzhautbild«	»Grundmembranskala«
»Bewegungsbild« (des Augapfels)	»Spannungsskala« (der Stimmbänder)
Gesichtsvorstellung	Eigener Stimmklang

Die Analogie ist hauptsächlich deshalb nicht vollständig, weil bei jeder Gesichtsvorstellung das ganze räumlich-extensive dreidimensionale Continuum des Gesichtsfeldes mit gegeben ist, während beim Stimmklang von den eindimensionalen Continuum der Tonskala immer nur die intonierte Tonhöhe unmittelbar gegeben ist. Die Bevorzugung des Blickpunktes durch seine Schärfe und durch die Konzentration der Aufmerksamkeit auf ihn kompensieren aber einigermaßen diese Diskrepanz. (Dächte man sich den Beobachter einäugig in einem völlig dunklen Raum gegenüber einer Fläche, und an seinem Augapfel eine Lichtquelle mit Reflektor befestigt, welche immer nur den Blickpunkt des monokularen Gesichtsfeldes erleuchtete — und abstrahierte man dabei noch von allen zentralen Reproduktionen des dreidimensionalen Tast- und Gesichtsraumes, so wäre die Analogie vollständiger.)

Wie nun auch bei völlig starrer Fixation die Assoziation zwischen Netzhautbild und Bewegungsbild der Gesichtsvorstellung erhalten bleibt (Wundt, a. a. O. S. 670/71), so pflegen die Bewegungsempfindungen der Kehlkopfmuskeln auch jeden nur gehörten Ton zu begleiten. Aber die Assoziation ist hier offenbar lange nicht so fest wie dort, denn die auf das Bewegungsbild zurückzuführenden Gesichtstäuschungen bleiben bei starrer Fixation bestehen (Wundt, a. a. O. S. 670), während die auf die Bewegungsempfindungen der Kehlkopfmuskeln zurückgeführten Täuschungen in der Tonhöhe bei bloßem Anhören der Töne verschwinden (diese Arbeit S. 56 ff.). Die losere Assoziation im letzten Falle hat offenbar in der Verschiedenheit der Tonskala und des monokularen Gesichtsfeldes ihren Grund. Denn jenes ist ein eindimensionales, dieses ein zweidimensionales Continuum. Die enge Verschmelzung zwischen Lokalzeichen der Netzhautteile und Bewegungsempfindungen der Augenbewegungen ist aber zum Zustandekommen des zweidimensionalen Continuums wesentlich, dagegen die Assoziation zwischen dem Tonskalazeichen der verschiedenen Grundmembranteile (Gültigkeit der Resonanzhypothese vorausgesetzt) und den Bewegungsempfindungen der Kehlkopfmuskeln zum Zustandekommen des eindimensionalen Continuums der Tonskala unwesentlich.

Es ist nun interessant, daß Lotze auf Grund seiner im eigentlichen Sinne des Wortes einseitigen Theorie der einfachen Lokalzeichen ebensowohl die Bedeutung der Lokalzeichen der Netzhaut für das Zustande-

kommen der Gesichtsvorstellung übersehen hat, wie er behauptet, eine Tonhöhenauffassung sei, ohne Bewegungsempfindungen der Kehlkopfmuskeln unmöglich. (Siehe das folgende.) — Immerhin steht in Frage, ob nicht entwicklungsgeschichtlich die Assoziation zwischen Tonskalazeichen der Grundmembran und Bewegungsempfindungen der Kehlkopfmuskeln zum Zustandekommen der Tonhöhenunterscheidung eine wesentliche Rolle gespielt hat.

Bezüglich der Analogie zwischen Gehörsempfindungen und Tastempfindungen siehe Seite 56/57.

d) Einfluß der Artikulationsempfindungen auf die Tonauffassung überhaupt.

Wir können jetzt der Frage nach dem Einflusse der Artikulationsempfindungen auf die Tonauffassung überhaupt nähertreten. Es ist bereits oben ausgeführt, daß die vorliegenden Experimente direkt nur den einen Teil dieser Frage (nach der obigen ersten Zweiteilung) zu beantworten suchten, nämlich die Unterstützung oder Beeinträchtigung der Tonwiedergabe durch die beim eigenen lauten Singen durchgeführte eigene Artikulation des Vortons. Den anderen Teil des Problems, welcher sich auf den Einfluß des »inneren Mitsingens« bezieht, hatten wir beiseite gelassen, dabei aber schon angedeutet, daß sich aus dem behandelten Teil des Problems vielleicht bestimmte Rückschlüsse auf den nicht direkt geprüften Teil machen ließen. Dieser Teil hat in seiner allgemeinsten, die Tonauffassung überhaupt umfassenden Bedeutung schon eine gewisse historische Vergangenheit. Die Frage nach der Beteiligung der Kehlkopfmuskelinnervationen an der Tonauffassung ist ziemlich heftig umstritten worden, nachdem eine radikale Ansicht[1]) die Behauptung aufgestellt hatte, ohne die betreffenden inneren Innervationsempfindungen sei eine Tonhöhenauffassung überhaupt unmöglich. Stumpf machte gegen diese paradoxe Anschauung den Einwand geltend, daß es im Falle ihres Zurechtbestehens unmöglich sein müßte, Zusammenklänge aufzufassen, weil die Kehlkopfinnervationen immer nur eine Tonhöhe zum Ausdruck bringen könnten. Er entscheidet sich dann für das entgegengesetzte Extrem[2]), daß die inneren Artikulationsempfindungen die Tonhöhenauffassung in keiner Weise

[1]) Stumpf, Tonpsychologie, I, S. 153ff. Als Vertreter der von Stumpf bekämpften radikalen Ansicht führt dieser auf: Lotze, G. E. Müller, Stricker und Andere.

[2]) a. a. O. S. 163.

unterstützen und verfeinern könnten, weil ihre Abstufungsgrade sehr viel gröber seien als die Grade der Tonhöhenunterschiede, die wir wahrnehmen könnten. Denn wenn man jemanden auffordere, möglichst viel verschiedene Töne innerhalb eines Tonschrittes durch die Stimme anzugeben, so bleibe ihre Zahl weit hinter der Zahl zurück, welche der Betreffende durch das Gehör innerhalb desselben Tonschritts unterscheiden könne.

Hiergegen läßt sich wohl folgendes einwenden: Durch die Aufforderung, innerhalb eines ganzen Tonschritts möglichst viele verschiedene Töne zu singen, läßt sich nicht feststellen, wieviel verschiedene Töne innerhalb dieses Gebietes die Stimme wirklich exakt angeben könne. Um dieses nämlich festzustellen, muß man die Töne unter den leichtesten Bedingungen singen lassen; man muß z. B. den zu singenden Ton angeben und während des Singens forttönen lassen. Fordert man aber anstatt dessen den Beobachter auf, die Töne selber einzuschieben, und gegeneinander abzugrenzen, so stellt man ihm sehr schwierige Bedingungen, durch welche nicht allein die Genauigkeit seiner Stimme, sondern auch die Fähigkeit, den selbstgesungenen Ton aufzufassen und zu behalten, kleinste Unterschiede zwischen einem vor- und nachgesungenen Ton richtig abzuschätzen und noch vieles andere geprüft wird.

Wenn also Stumpf hervorhebt, den meisten Menschen sei es nicht möglich, vier Töne in einen ganzen Tonschritt durch Singen einzuschieben, so wird durch diese Feststellung die Frage nach der Genauigkeit der Stimme gar nicht berührt. Aber selbst wenn ein Verfahren, welches diesen Einwänden nicht ausgesetzt wäre, festgestellt hätte, daß die Genauigkeit, mit welcher die Stimme einen Ton wiedergeben kann, hinter der Genauigkeit, mit welcher das Gehör zwei Töne unterscheidet, zurückstände, so wäre damit ein günstiger Einfluß des »inneren Mitsingens« auf die Tonauffassung doch nicht ausgeschlossen; denn erstens ist es möglich, daß die Abstufung der durch direkte Miterregung des Tastzentrums vom motorischen Zentrum entstandenen Empfindungen viel feiner ist, als die Abstufung der tatsächlich ausführbaren Stimmuskelkontraktionen; und zweitens ist es wahrscheinlich, daß die Abstufungsgrade der vom motorischen Zentrum der Kehlkopfmuskeln aus zentral erregten Gehörsempfindungen hinter der Abstufung der peripher

erregten Gehörsempfindungen in keiner Weise zurückstehen, — mag die Abstufung der tatsächlich ausführbaren Kehlkopfmuskelkontraktionen so grob sein wie sie will.

Deshalb wird der Satz von der Irrelevanz der Kehlkopfmuskelinnervation für die Tonauffassung auch durch Stumpfs Berufung auf Klünders Ergebnisse nicht bewiesen, obgleich Klünder allerdings die oben aufgestellte Forderung erfüllt und einen gegebenen Ton während seines Forttönens nachsingen läßt. Es kommen noch andere Gründe hinzu, welche die Voraussetzung Stumpfs, die von Klünder ausgerechneten Spannungsgrade der Kehlkopfmuskeln seien mit den Empfindungsabstufungen der Stimmuskelinnervationen gleichwertig, unmöglich machen:

Klünder findet nämlich den »Fehler der Stimme«, indem er einen Stimmklang, der dem gegebenen und forttönenden Orgelklang in der Tonhöhe möglichst gleichen soll, sehr lange halten läßt. Die Zahl der Verschiebungen beider Tonkurven (siehe diese Arbeit S. 21) um eine Viertelwellenlänge setzt er dann einesteils zur ganzen Dauer des Stimmklangs — andernteils nur zu denjenigen Teilen, welche die Verschiebungen enthalten — in Beziehung. Daraus findet er in Prozenten der Schwingungszahlen zwei Beträge der mittleren Tonschwankung des Stimmklangs (Abweichung vom Tondurchschnitt). Indem er diese Beträge mit 2 multipliziert und ausrechnet, wieviel solche Größen der ganze Stimmumfang enthält, stellt er die obere und untere Grenze für die Zahl der Spannungsgrade fest, welche die Kehlkopfmuskeln innerhalb des Stimmumfangs innehalten können, ohne daß die mittleren Spannungsschwankungen je zweier nebeneinander liegender Grade übereinandergreifen. So findet Klünder die Zahl von 40—170 Spannungsgraden, welche die Stimmuskeln im Tetanus einhalten können. Durch Aufstellung einer oberen und unteren Grenze unter Verzicht auf die Feststellung eines bestimmten Wertes sind die oben (S. 21 ff.) hervorgehobenen Mängel des Klünderschen Meßverfahrens in gebührender Weise berücksichtigt. (Der in den meisten Lehrbüchern der Physiologie angegebene »Fehler der Stimme« Klünders ist ohne die notwendige Rücksicht auf die Unvollkommenheit des Klünderschen Meßverfahrens bestimmt.)

An den Grenzbestimmungen Klünders also läßt sich nichts aussetzen, solange es nur darauf ankommt festzustellen, wie genau die

Stimme einen forttönenden Orgelklang während mehrerer Sekunden nachsingen kann. Sobald man aber weitere Folgerungen aus Klünders Resultaten ableiten will, muß man bedenken, wie kompliziert die Faktoren sind, welche die Größe des Klünderschen Fehlers bedingen. (Vgl. übrigens S. 75, Schluß des Kleingedruckten.) Hier kommen in Betracht: Tetanusschwankungen, Regulierungen durch zentral oder peripher erregte Gehörsempfindungen, sowie durch zentral oder peripher erregte innere Tastempfindungen, ferner die Zeit des Regulierungsvorgangs, endlich Aufmerksamkeitsschwankungen — sie alle können die Größe des Fehlers nach der einen oder anderen Seite beeinflussen. Besonders die beiden letzten Faktoren sind wichtig, weil sie beide eine feinere Abstufung der durch Innervation erregten Empfindungen gegenüber den von Klünder festgestellten Kontraktionsgraden wahrscheinlich machen: Denn weil die Regulierung des Stimmklangs eine gewisse Zeit beansprucht, kann seine Schwankung, bis sie reguliert wird, die Empfindungsschwelle schon bedeutend überschritten haben. Ebenso vergröbern alle Abweichungen, die während eines mehrere Sekunden gehaltenen Tons durch die bekannten Aufmerksamkeitsoszillationen [1]) bedingt sind — die tatsächlichen Abstufungsgrade der mit der Innervation zusammenhängenden Empfindungen in ganz unberechenbarer Weise.

Hierbei ist, wie gesagt, von der Wahrscheinlichkeit, daß die Abstufungen der zentral miterregten Empfindungen ohnehin feiner sein können als die Kontraktionsgrade der Muskeln, ganz abgesehen.

e) Abgrenzung der Folgerungen aus den eigenen Versuchen.

Bei der Frage, inwieweit die vorliegenden Versuche das allgemeine Problem des Einflusses des »inneren Mitsingens« auf die Tonauffassung berühren, müssen wir uns über den beschränkten Geltungsbereich der festgestellten Ergebnisse klar sein. Hier sind vor allem drei Punkte hervorzuheben:

1. Wie schon betont [2]), wurde direkt nur der Einfluß der beim Singen durchgeführten Artikulation untersucht;

2. und zwar nur soweit er sich auf die Wiedergabe des Tons durch Nachsingen bezog,

---

[1]) Cfr. O. Klemm, Untersuchung über den Verlauf der Aufmerksamkeit bei einfachen und mehrfachen Reizen, Psych. Stud. Bd. IV, besonders S. 309—322.

[2]) Cfr. S. 9.

3. nach der konstanten Zwischenzeit von drei Sekunden.

Alle drei Beschränkungen sind gleich wichtig.

Aus der Tatsache, daß eigenes lautes Vorsingen die Wiedergabe durch Nachsingen nach 3″ begünstigt, läßt sich mit großer Wahrscheinlichkeit unmittelbar nur die Folgerung ziehen, daß auch »stilles Mitsingen«, das sich vom lauten Singen nur durch geringere Intensität der Artikulation unterscheidet (die akustische Seite kommt hier nicht in Betracht, weil festgestellt war, daß die günstige Wirkung nicht durch die peripher erregten Gehörsempfindungen bedingt sein konnte) nach 3″ Zwischenzeit die Genauigkeit des Nachsingens vergrößern würde. Weiter ist wahrscheinlich, daß sich diese günstige Wirkung auch nach anderen Zwischenzeiten mehr oder weniger deutlich zeigen würde. Aber von der Präzisierung des Nachsingens durch eigenes Vorsingen bis zur Begünstigung der Tonauffassung überhaupt durch die Kehlkopfinnervationen ist nun ein großer Sprung, der die Aufstellung einigermaßen sicherer Vermutungen nicht mehr erlaubt: Hier ist vor allem die Frage von entscheidender Bedeutung, ob die Abstufung der inneren Tast- und der zentral erregten Gehörsempfindungen zwar fein genug ist, um den Stimmton zu regulieren, aber die Abstufung der peripher erregten Gehörsempfindungen an Feinheit doch nicht erreicht — oder ob zwischen beiden bezüglich der Schwelle gar kein Unterschied ist. Wie schon erwähnt, ist das letzte wahrscheinlich, da der Stimmklang ohne Zuhilfenahme der peripheren Gehörsempfindungen intoniert und reguliert wird. Wenn die Abstufung der peripheren Gehörsempfindungen die feinere wäre, müßte sich beim Nachsingen eines Tons in den meisten Fällen kurz nach Einsatz auf Grund der peripher erregten Gehörsempfindungen das Gefühl des Widerspruchs einstellen, und eine nachträgliche Korrektur des Tons bewerkstelligen, wie wir das in einigen wenigen Fällen bei zwei Beobachtern und bestimmten Zwischenzeiten auch glaubten feststellen zu können. Diese wenigen Fälle genügen aber keineswegs, um die Annahme feinerer Abstufungen der peripher erregten Gehörsempfindungen wahrscheinlich zu machen — zumal sie — wie ausgeführt, möglicherweise gar nicht auf die periphere Erregung des Gehörs zurückzuführen sind. — Also eine günstige Wirkung der Kehlkopfinnervationen auf die Genauigkeit der Tonauffassung ist auf keinen Fall prinzipiell unmöglich. Ob sie in merkbarem Grade tat-

sächlich vorhanden ist, ließe sich durch auf dies Ziel gerichtete Versuche unschwer feststellen; man müßte nur den zweiten Ton nicht selbst singen, sondern ihn durch Selbsteinstellung des Beobachters an einem verstimmbaren Instrument finden lassen oder nach der Methode der mehrfachen Fälle objektiv geben. Und die Versuchsvariation müßte darin bestehen, daß beim Normalton vom Beobachter teils die Spuren von Kehlkopfinnervationen, die den gehörten Ton stets zu begleiten pflegen, auf ihr Minimum herabgedrückt, teils bis zu größter Intensität gesteigert würden.

Würde in einer zweiten Variation die Wirkung der ersten Variation sowohl für das Optimum der Zwischenzeit als auch für eine längere Dauer der Zwischenzeit untersucht, so wäre damit die Genauigkeit der Tonauffassung mit und ohne inneres Mitsingen ebensowohl in engerem Sinne untersucht, als der weitere Begriff der Tonauffassung, der auch das Haften einer aufgefaßten Tonhöhe im Gedächtnis mit umfaßt, experimentell berücksichtigt wäre. —

In dieser Arbeit konnte das diskutierte Problem nicht in dieser Weise untersucht werden, weil es sich hier zunächst um eine psychologische Analyse des menschlichen Stimmklangs handelte, vor allem um seine Abhängigkeit von »Gehör« und »Artikulation«; und weil die zeitraubende Feststellung der Einzelstadien des Tonverlaufs eine enge Umgrenzung des Problems forderte, damit die erforderliche Versuchszahl ausgewertet werden konnte.

Die Erwartung, typische Sonderheiten der einzelnen Teile des Tonverlaufs (vor allem des Tonanfangs) je nach den verschiedenen Versuchsbedingungen zu erhalten, konnte sich deshalb im allgemeinen nicht bestätigen, weil die peripher erregten Gehörsempfindungen in die Regulierung des Tons nicht direkt eingreifen; und weil offenbar die innere Reproduktion des gehörten oder gesungenen Vortons beim Einsatz des Nachtons klar und scharf genug ist, um den Einsatz ohne »Probieren« im allgemeinen so zu bewerkstelligen, daß der laut ertönende Klang das Gefühl der Übereinstimmung im Beobachter hervorruft. Aus dem durch diese Umstände erklärlichen negativen Resultat, welches keine irgendwie typischen Besonderheiten des Tonverlaufs erkennen ließ, haben wir in Verbindung mit den übrigen Ergebnissen die psychologische Struktur des Stimmklangs oben abzuleiten gesucht. — Damit ist das eigentliche Problem dieser Arbeit gelöst.

f) Betrachtung der Einzelstadien nach ihrer mittleren Gesamtgröße innerhalb der einzelnen Versuchsbedingungen.

Es haben sich aber bei der Abmessung der Einzelstadien eigenartige Variationen in der Gesamtgröße der Tonschwankungen (in allen Teilen des Tonverlaufs) gezeigt, deren Wiedergabe wir dem Leser dieser Arbeit nicht vorenthalten möchten. —

a) Klünders Ergebnisse.

Der Gedanke, daß die Gesamtgröße der kurzen, bei Abmessung nach Zehntelsekunden keinerlei Perioden zeigenden, nach ihrem Ursprung noch näher zu untersuchenden Stimmschwankungen durch die Versuchsvariationen beeinflußt würde, liegt ziemlich fern. Daher kommt es wohl, daß Cameron eine derartige Änderung überhaupt nicht in Betracht zieht, während Klünder die Konstanz der mittleren Schwankungsgröße auf Grund seiner Versuche ausdrücklich betont. Betrachten wir aber die Resultate Klünders, so finden wir seine eigene Behauptung in ihnen nicht bestätigt. Klünder [1]) findet nämlich als Mittelwert für die bei allen Tönen beobachteten Stimmschwankungen für sich selbst 0,357 % und für Wr., einen Knaben, 0,431 % der Schwingungszahl des gesungenen Tons. Bei der Berechnung dieser Durchschnittswerte sind die unisono mit dem Orgelton und die in Intervallen zu ihm gesungenen Töne zusammengezogen.

Trennt man beide Arten, so findet man durch Ausrechnung der Ergebnisse Klünders

bei Klünder für Unisono-Schwankungen 0,315 %
für Intervall-Schwankungen 0,434 %
bei Wr. für Unisono-Schwankungen 0,404 %
für Intervall-Schwankungen 0,458 %

als Durchschnittswerte aller Tonschwankungen [2]). Also beide Be-

[1]) a. a. O. S. 127.

[2]) Obgleich die Unvollkommenheit der Klünderschen ebenso wie der von uns angewandten Meßmethode eine absolute Bestimmung der Schwankungsgrößen nicht gestattet, wird durch eine hinreichende Zahl von Messungen die Gleichheit oder Verschiedenheit der gemessenen Schwankungen natürlich ihrer tatsächlichen Verschiedenheit entsprechend wiedergegeben. Ein Beweis hierfür liegt in der Tatsache, daß unsere Resultate keine wesentliche Modifikation erhalten, wenn man von den $^1/_{10}$ Sek. Messungen nur jede zweite berücksichtigt, also die konstante Vergleichsgröße verdoppelt.

obachter weisen beim Singen in Intervallen bedeutend größere Stimmschwankungen auf als beim Unisono-Mitsingen der gegebenen Töne. Dabei ist noch zu berücksichtigen, daß der höchste Durchschnittswert der vier gesungenen Tonhöhen für Unisonoschwankungen Klünders nur 0,364 % beträgt, also von dem Mittelwert 0,434 der Intervallschwankungen ganz bedeutend übertroffen wird. Bei Wr. fallen beide Werte, der höchste für die Unisonokurven und der Mittelwert für die Intervallkurven fast zusammen, denn jener beträgt 0,462 %, dieser 0,458 %.

Die Klünderschen Versuche zeigen also eine bedeutende Verschiedenheit zwischen den Schwankungen der unisono mitgesungenen und der in Intervallen mitgesungenen Stimmtöne; und zwar geht diese Verschiedenheit der Änderung in der Unterschiedsschwelle parallel. — Ist dies Ergebnis zufälliger Natur? Oder werden auch andere Versuchsvariationen eine Beziehung zwischen den beiden Phänomenen erkennen lassen? Wenn das nicht der Fall ist, werden sich dann für die Veränderungen der Stimmschwankungen Gesetzmäßigkeiten feststellen lassen, die von der Unterschiedsschwelle unabhängig sind?

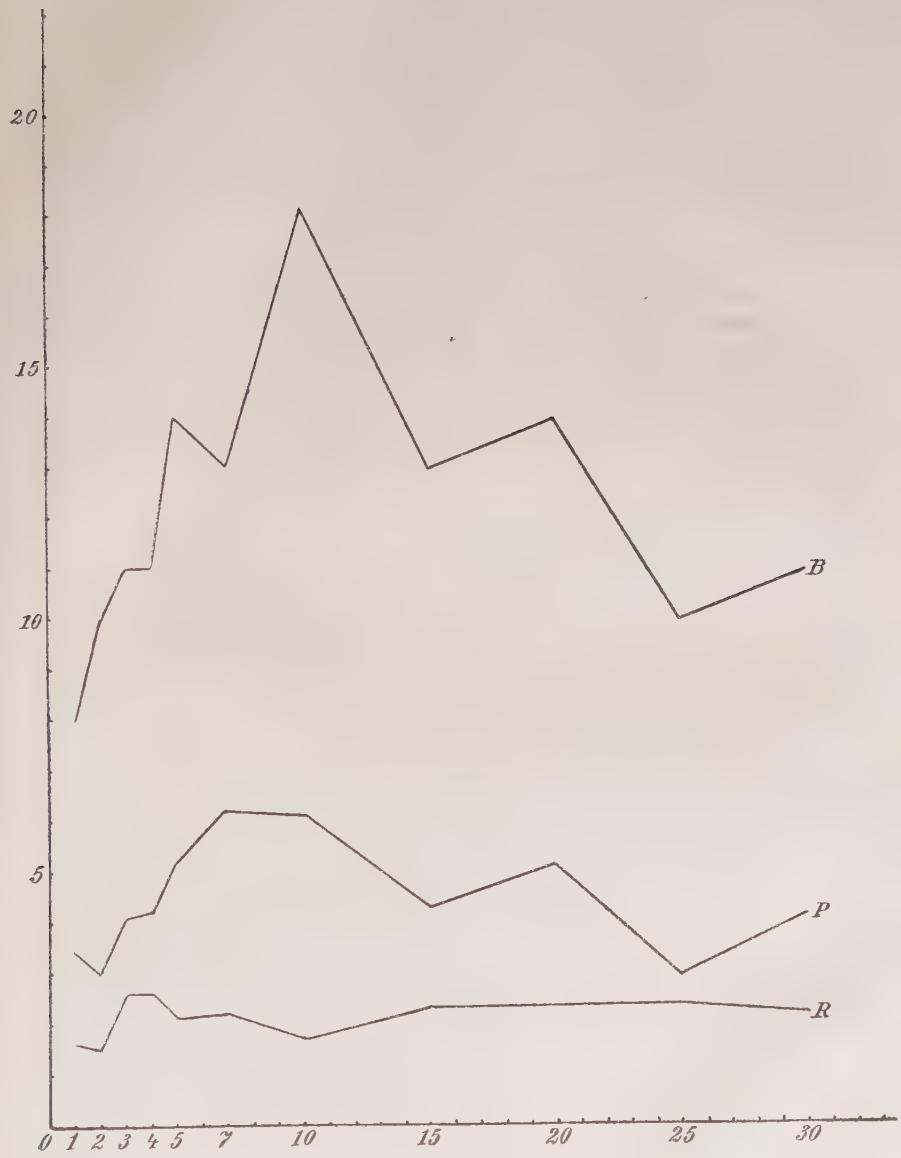
Tabelle XI.

Beobachter: B., R., P. Zwischenzeit. 1—30 Sekunden.

	B.		R.		P.	
J	Zahl	*DM*	Zahl	*DM*	Zahl	*DM*
1″	277	0,8	260	0,16	240	0,34
2″	260	1,0	260	0,15	280	0,30
3″	278	1,1	240	0,26	300	0,41
4″	314	1,1	240	0,26	300	0,42
5″	286	1,4	260	0,21	320	0,52
7″	348	1,3	280	0,22	320	0,62
10″	280	1,8	280	0,17	320	0,61
15″	309	1,3	260	0,23	380	0,43
20″	360	1,4	260	0,23	280	0,51
25″	348	1,1	260	0,23	300	0,29
30″	258	1,0	240	0,21	300	0,41

Es enthalten die Kolumnen { J Zwischenzeiten. / Zahl Anzahl der Versuche. / *DM* mittlere Abweichung aller Einzelstadien vom Tondurchschnitt.

Vgl. mit dieser Tabelle die Kurven in Fig. 3.



Figur 3.

Tonschwankungskurven des Nachtons nach 1—30 Sekunden.

b) Die eigenen Ergebnisse:

Diese Fragen, welche aus den Versuchsergebnissen Klünders unmittelbar hervorgehen, erfordern zwecks ihrer Beantwortung den Vergleich der bei den verschiedenen Versuchsbedingungen erhaltenen mittleren Schwankungen innerhalb des gesamten Tonverlaufs. In Tabelle XI sind die einzelnen Werte dieser Schwankungen ausgedrückt in Schwingungszahlen, wie sie sich für die nach den betreffenden Zwischenzeiten gesungenen Töne ergeben, zusammengestellt. In der Tabelle bedeutet Zahl wieder die Anzahl der jeweilig abgemessenen Zehntelsekunden. In der Figur 3, welche die Werte der Tabelle XI durch Kurven veranschaulicht, bedeuten die Einheiten der Abszisse die Zwischenzeiten, die Einheiten der Ordinate das Zehnfache der mittleren Schwankungen der Schwingungszahlen. Wir finden nun zunächst starke individuelle Unterschiede in der Größe der Schwankungen überhaupt zum Ausdruck gebracht. Die drei erhaltenen Kurven schneiden sich nirgends, sondern sind durch hinreichend große Zwischenräume voneinander getrennt. Die Übereinanderlegung der Kurven geschieht aber keineswegs in derselben Ordnung wie früher, wo es sich um den mittleren Fehler handelte. Die Verhältnisse scheinen hier eher umgekehrt zu liegen, denn R., welcher bei weitem die größten mittleren Fehler hatte, zeigt die geringsten Schwankungswerte, dagegen überragt B. an Größe der Schwankungen die beiden anderen, während seine mittleren Fehler im Durchschnitt ebenso außerordentlich klein waren wie diejenigen P.s. — Aber P., dessen Abweichungen beim Nachsingen mit denen B.s zusammenfielen, steht hier dem R. viel näher als dem B., so daß man auch eine Umkehrung gegen *fm* nicht aus den Kurven herauslesen kann. Auch aus dem Verlauf der Kurven bei den einzelnen Beobachtern läßt sich eine bestimmte Beziehung zum Verlauf des mittleren Fehlers nicht auffinden. Das zeigt schon der starke Abfall aller drei Schwankungskurven mit dem Eintreten größerer Zwischenzeiten, der so groß ist, daß für B. die bei 2″ und bei 25″ gefundenen Werte übereinstimmen, während bei P. der Wert für die Zwischenzeit 25″ sogar noch etwas geringer ist als der für 2″. Trotzdem lassen alle drei Kurven gewisse Gemeinsamkeiten erkennen: Außer einem allgemeinen Ansteigen im Anfang mit darauffolgendem Abfall sind ziemlich deutlich zwei Maxima zu unterscheiden, ein größeres im Anfang (für R.

bei 3 und 4 Sek., für P. bei 7″, für B. bei 10″ Zwischenzeit), welches zugleich das absolute Maximum der ganzen Kurve darstellt, und ein kleines nach dazwischenliegender Senkung. (Für R. bei 15—25; für B. und P. bei 15″).

Wollte man nun etwa Aufmerksamkeitsschwankungen zur Erklärung heranziehen, so würde man damit nicht weit kommen. Den besten, direkt auf die vorliegenden Versuche zugeschnittenen Verlauf dieser Oszillationen geben ja die mittleren Fehler; und ein Parallelgehen beider Phänomene in dem vorliegenden Fall ist, wie schon gezeigt, ausgeschlossen. — Auch der völlig glatte Verlauf von R.s Kurve zwischen 15—25″ verglichen mit dem tiefen Minimum des mittleren Fehlers bei 20″, dem dann der steile Anstieg der Kurve folgt, zeigt zur Genüge das Fehlen des in Frage stehenden Parallelgehens. — Nun haben wir die Korrekturen noch nicht in Betracht gezogen, deren Verteilung über die Zwischenzeiten Tab. Ib brachte. Sie scheinen zur Deutung des Kurvenverlaufs bessere Dienste zu leisten als der Verlauf der Genauigkeit in der Wiedergabe des Vortons überhaupt; indem ihre größte Häufung nach dem absoluten Maximum der Schwankungskurven orientiert zu sein scheint. (Die eigenen Beträge dieser Korrekturen kamen bei der Berechnung der Einzelschwankungen natürlich nicht mit in Rechnung [1]). Für P. stimmt dieses Zusammenfallen sogar ziemlich genau. Seine Korrekturen sind ungefähr symmetrisch um das Maximum der Schwankungskurve gruppiert. Bei B. liegt der Schwerpunkt für die Verteilung der Korrekturen zwar bedeutend vor 10″, berücksichtigt man aber, daß dieser Beobachter bei 3″ Zwischenzeit überhaupt noch keine Korrekturen brachte, während die Änderungen während des Tonverlaufs bei P. bereits hier begannen, — zieht man weiter in Betracht, daß die Strecke von 3—15 Sekunden Zwischenzeit und von 4—15 Sekunden Zwischenzeit das erste Maximum, nachdem im Anfang eine gewisse Höhe erreicht war, abgrenzen — so wird man bei der geringen Anzahl der Tonkorrekturen einen Zusammenhang beider Erscheinungen für möglich oder sogar für wahrscheinlich erachten. —

Bevor aber diese Möglichkeit weiter diskutiert wird, seien die

[1]) Als Tondurchschnitt, der von der Tonhöhe der einzelnen Stadien zu subtrahieren war, wurde hier der Durchschnitt des Teils, in welchem das betreffende Einzelstadium gelegen war, benutzt.

Resultate des nächsten Semesters vorgelegt. Sie sind durch Zahlen dargestellt in Tabelle XII. In der Tabelle bedeuten die Zahlen unter I je die Schwankungsmittel aus den von den Beobachtern selbst vorgesungenen Tönen, die Zahlen unter II dagegen die Schwankungsmittel aus den nachgesungenen Tönen. Alles andere ist nach den voraufgegangenen Erklärungen unmittelbar verständlich. — Ein Blick auf die Tabelle zeigt den scharf markierten Unterschied zwischen Vorton und Nachton hinsichtlich der Größe der Schwankungen. Bei allen drei Beobachtern ist die mittlere Schwankung des Vortons bedeutend größer als die des Nachtons. Der Verlauf der Kurven für den Vorton zeigt nun scharf markierte Maxima und Minima, die wiederum bei allen drei Beobachtern übereinstimmen. Vom Vorton *a* zum Vorton *i* bedeutendes Steigen, von *i* zu *u* starkes Sinken, von *u* zu *i* wieder Steigen und von *i* zu *u* wieder Sinken. (Die Vortöne waren ja *a*, *i*, *u* für die Reihenfolge der Lautkombinationen.)

Tabelle XII.

Beobachter: G., S., W. Zwischenzeit: 1 : 3″.

	G.			S.			W.		
Laut	Zahl	I	II	Zahl	I	II	Zahl	I	II
A a	1560	—	0,31	1640	—	0,51	1640	—	0,39
a a	720	0,37	0,22	880	0,57	0,38	880	0,42	0,24
i i	880	0,41	0,20	1160	0,63	0,40	1080	0,52	0,28
u u	940	0,31	0,16	1140	0,48	0,38	1060	0,44	0,25
i u	880	0,42	0,21	1220	0,56	0,38	1100	0,50	0,33
u i	840	0,32	0,18	1220	0,51	0,43	1080	0,46	0,23

Es enthalten die Kolumnen
- Laut die Lautkombinationen.
- Zahl die Anzahl der Einzelmessungen.
- I die mittlere Abweichung der Einzelstadien vom Tondurchschnitt, für die Vortöne.
- II die mittlere Abweichung der Einzelstadien vom Tondurchschnitt, für die Nachtöne.

Diese Unterschiede in den Stimmschwankungen des vorgesungenen Tons — je nach dem Vokal, welcher gesungen ward, erscheinen zunächst unwahrscheinlich, weil die Artikulation der Vokale ja zu Spannungsschwankungen der Kehlkopfmuskeln, offenbar in keiner Beziehung stehen.

Die Aufklärung dieser Erscheinung liegt wohl in der Tatsache, daß sich bei allen Beobachtern das Bestreben zeigte, bei eigenem

Vorton für die Vokalisation *i* die höheren Töne, für *a* die mittleren, für *u* die tiefen zu bevorzugen [1]), eine Tendenz, welche trotz der Bemühung, die Töne möglichst gleichmäßig über den ganzen Stimmumfang zu verteilen, nicht ganz unterdrückt werden konnte [2]). Da nun die hohen Töne nach absoluten Schwingungszahlen gemessen, bedeutend stärkere Schwankungen zeigen (wie noch dargelegt wird) als die tieferen Töne, so erklärt sich hiernach ohne weiteres die sonst unverständliche verschiedene Verteilung der Schwankungswerte auf die verschiedenen Vokale. — Die Schwankungswerte der nachgesungenen Töne müssen nun natürlich, soweit die Unregelmäßigkeiten im Verlauf der Kurven auf die verschiedene mittlere Tonhöhe zurückzuführen sind, dieselben Zacken aufweisen wie die vorgesungenen Töne. Die Kurve II von W. erfüllt auch vollkommen diese Anforderungen, auch in der Kurve von G. sind die Maxima und Minima der Kurven für den eigenen Vorton wenigstens noch deutlich wahrnehmbar. Dagegen enthält die Kurve von S. nur die erste Zacke der Kurve I. Diese Unregelmäßigkeiten sind nicht etwa eine Potenzierung der bei G. schon angedeuteten Abweichungen, sondern diese beiden Kurven weichen ebenfalls wesentlich voneinander ab. Wir betrachten diese Unregelmäßigkeiten als eine Folge der großen Variationsbreite der Tonschwankungen überhaupt, welche auch den Kurven I keinen der mittleren Tonhöhe der gesungenen Vortöne ganz konformen Verlauf gestattet. Selbst durch die Ausmessung einer so großen Anzahl von Einzelschwankungen (im Durchschnitt für jede Variation bei jedem Beobachter ungefähr 1000) werden derartige Unregelmäßigkeiten nicht ganz kompensiert. — Die Kolumnen II enthalten aber noch eine Zahl mehr als die Kolumnen I. Diese Zahl rührt von dem Nachton der Kombination *A a* mit fremdem Vorton her. Aus der Größe dieser Zahl in den drei Kolumnen II ergibt sich, daß alle drei Beobachter beim Nachsingen des fremden Vortons Tonschwankungen zeigen, die unter den Durchschnittsschwankungen der eigenen Vortöne, aber weit

[1]) Diese Tendenz ist bedingt durch das Prinzip der bequemsten Tongebung. Infolge des Aufsteigens des Kehlkopfs sowohl beim Singen hoher Töne als auch bei Vokalisation von *i* — im Gegensatz zu tiefen Tönen und dem Vokal *u*, bei welchem der Kehlkopf tiefer liegt — wird natürlich die Verbindung hoher Töne mit *i*, tiefer mit *u* bequemer als die umgekehrte Verbindung. Über die Verschiebung des Kehlkopfs bei *i* und *u* cfr. Sievers, a. a. O. S. 79; siehe S. 45 ff.

[2]) Siehe diese Arbeit S. 15.

über den Schwankungen der den eigenen Vortönen nachgesungenen Töne liegen.

Wir haben bis jetzt gefunden: 1. die eigenen Vortöne sind den größten Schwankungen unterworfen; 2. ihnen folgen die Nachtöne nach fremdem Vorton. Mit steigender Zwischenzeit steigen die Schwankungen dieser Töne zunächst, sinken dann aber wieder. Ihr Maximum scheint ungefähr mit den Korrekturen zusammenzufallen. 3. Den kleinsten Schwankungen sind die Nachtöne nach eigenem Vorton unterworfen.

Unter den verschiedenen Lautkombinationen dieser Gattung lassen sich keine typischen Unterschiede mehr nachweisen.

c) Physiologische Erörterung: Der Muskeltetanus.

Bevor wir die psychologische Deutung dieses Erscheinungskomplexes versuchen, sei die physiologische Seite diskutiert. Daß zur Deutung der kurzen, von Zehntelsekunde zu Zehntelsekunde stets andere Werte zeigenden Tonschwankungen in erster Linie die Kontraktionsschwankungen des Muskels im Tetanus herbeigezogen werden müssen, ist deshalb unmittelbar einleuchtend, weil ohne diese Schwankungen überhaupt keine dauernde willkürliche Muskelkontraktion möglich ist — also auch zum mindesten eine Beteiligung dieser Oszillationen an den Stimmschwankungen sicher ist. Leider divergieren die Versuchsresultate und ihre Erklärungen bezüglich des »natürlichen Tetanus« noch wohl allzusehr, um einen sicheren Einblick in das Wesen dieser Erscheinung zu gestatten. Unbedingt sicher ist nur, daß es sich hier um einen intermittierenden Vorgang handelt, der sich durch immer frequentere Aufeinanderfolge von Einzelreizen des Muskels selber oder seines motorischen Nerven auch »künstlich« allmählich aus der Einzelzuckung gewinnen läßt, und der von einem seiner Intermittenz zuzuschreibenden »Muskelton« sowie von rasch aufeinanderfolgenden Stromschwankungen (Aktionsströmen) begleitet ist [1]).

Inwieweit die Tonschwankungen vom Muskeltetanus und inwieweit sie von den Tonregulierungsvorgängen abhängig sind, läßt sich unmittelbar nicht feststellen, da die so klein wie möglich gewählte Abmessung nach Zehntelsekunden keinerlei Perioden

[1]) Cfr. Tigerstedt, Lehrbuch der Physiologie des Menschen 1908 II4, S. 24 ff.

erkennen läßt; es ist danach wahrscheinlich, daß die Dauer der Tonregulierungen ebenso kürzer ist als eine Zehntelsekunde, wie die Dauer der tetanischen Schwankungen. Da aber erstens die Veränderungen, welche die Amplitude der Tonschwankungen je nach den wechselnden Versuchsbedingungen annimmt, ganz unabhängig von den Veränderungen in den Abweichungen zwischen der Gesamthöhe vom Vorton und Nachton (den Fehlern) sind, und da zweitens auch keine größeren Schwankungsperioden durch die Abmessungen der Zehntelsekunden feststellbar sind, auf deren zeitweises Hervortreten die Vergrößerung des Durchschnittswerts der Tonschwankungen zurückgeführt werden könnte, — so darf man die Vergrößerung nicht auf ein Laxerwerden der Kontrolle während des Singens zurückführen. Sondern die Vergrößerung muß sich auf die von dieser Kontrolle ganz unabhängigen tetanischen Spannungsoszillationen der Kehlkopfmuskeln allein beziehen[1]), falls man beides überhaupt voneinander trennen darf. Soweit die Regulierungen rein reflektorisch erfolgen, hat man psychologisch eigentlich wohl keinen Grund dazu. Eine physiologische Erklärung, wie eine Vergrößerung dieser Schwankungen durch psychische Einflüsse denkbar sei, hat nach der Unsicherheit über das Wesen des willkürlichen Tetanus überhaupt keinen festen Grund unter den Füßen. Es läßt sich nur sagen, daß die Erscheinung nicht auf eine einfache Verstärkung der einzelnen Tetanusimpulse zurückzuführen ist, denn diese würden ja eine Verstärkung der Dauerkontraktionen bewirken; — auch nicht auf eine Änderung allein in der Frequenz, denn diese würde nach dem angewandten

[1]) Cameron, a. a. O. S. 294f. unterscheidet nicht zwischen Tetantusschwankungen und Regulierungsschwankungen, vielmehr betrachtet er die Tetanusschwankungen selber unter Berufung auf James' »motor circle« als durch Übung mechanisierte Regulierungsimpulse (ungefähr nach Analogie der Atmungsregulierung — soweit diese nicht automatisch, sondern reflektorisch erfolgt). — Bei der Verschiedenheit der Ansichten über das Wesen des Tetanus ist diese Annahme aber eine reine Hypothese, welche in den Tatsachen keinerlei Grund findet. — Ebensowenig unterscheidet Cameron zwischen Regulierung durch innere Tastempfindungen, durch zentral erregte und durch peripher erregte Gehörsempfindungen. So heißt es Seite 295: »If the souns which enters the subjects ear, is unsatisfactory for any reason, the equilibrium may again be over come, so as to satisfy the subjects voluntary desire for the modification of tone .... etc.« Der hier vorausgesetzte Einfluß der peripher erregten Gehörsempfindungen auf die Regulierung ist, wie oben auseinandergesetzt, nach unseren Ergebnissen nicht nachweisbar.

Meßverfahren (vorausgesetzt, daß die Frequenz nicht auf weniger als 10 p. s. herabginge) gar nicht festzustellen sein, vor allem die Größe der gefundenen mittleren Schwankungen in keiner Weise berühren. Physiologisch denkbar dagegen wäre eine Superposition von ganz anders gearteten Oszillationen, die auf Grund psychischer Einflüsse im Zentralorgan entständen und sich von den gewöhnlichen tetanischen Oszillationen vor allem dadurch unterschieden, daß diese vielleicht nur unter hervorragender Mitwirkung der motorischen Nerven [1]) (und Muskeln [2]) zustande kämen. (Wollte man die Entstehung ganz anders gearteter Impulse verwerfen, so müßte man annehmen, daß der Einfluß, welchen die superponierten, den tetanischen Impulsen gleichgearteten Impulse wahrscheinlich auf die Stärke der Dauerkontraktion ausübten, irgendwie kompensiert würde.)

d) Psychologische Deutung.

So unsicher nun auch die physiologische Erklärung von Änderungen in der Intensität der Spannungsschwankungen der Muskeln ohne Änderung der Gesamtspannung ist, so finden sich in der Erfahrung des täglichen Lebens doch Beispiele genug für diese Erscheinung. Cameron [3]) zieht zur Interpretation der Stimmschwankungen schon die Tatsache heran, daß wir auch keinen Punkt mit dem Auge ohne geringe Oszillationen der optischen Achse fixieren und die Hand nicht ganz ruhig ausstrecken könnten. Wie in der Besprechung seiner Resultate, so läßt er natürlich auch in diesen Beispielen etwaige Veränderungen in der Sicherheit der angeführten statischen Muskelkonzentrationen auf Grund psychischer Einflüsse unberücksichtigt. Es gibt aber von beinahe völligem Verschwinden dieser Oszillationen bis zum nervösen Tremor Übergänge, die außerordentlich von subjektiven Zuständen des Bewußtseins abhängig sind. Jeder, der in starker Erregung seine Hand ruhig auszustrecken versucht, wird bemerken, daß ihm das Ruhighalten weit schlechter gelingt als in völlig ruhiger Stimmung.

---

[1]) Cfr. Hermann, Lehrbuch der Physiologie XI. Aufl. S. 272, 378.

[2]) Cfr. Hermann a. a. O. S. 281. Tigerstedt a. a. O. S. 15.

[3]) Cameron, a. a. O. S. 259. Cameron weist speziell darauf hin, daß die Hand während der Erwartung eines Reaktionszeichens in wechselnder Spannung gehalten wird. Es wird aus den folgenden Ausführungen hervorgehen, daß es wohl nicht zufällig ist, wenn Cameron gerade während dieser Zeit die Unsicherheit in der dauernden Muskelkontraktion besonders aufgefallen ist.

Es gibt einen Sport, der für das Studium dieser Veränderungen auch unter schwächeren psychischen Einflüssen besonders geeignet erscheint; das ist der Schießsport; — und zwar weniger das Schießen mit der Büchse, bei welchem die kurzen Spannungsoszillationen wegen ihrer geringen Intensität kaum bemerkbar sind, — als das Schießen mit der Pistole. Das Bestreben, den unerwünschten Einfluß der Oszillationen, die wegen Fortfalls aller Stützpunkte besonders stark zum Ausdruck kommen, nach Möglichkeit auszuschalten, bewirkt hier, daß sie sich der Selbstbeobachtung unmittelbar aufdrängen. Hierbei kann man nun leicht ihre Abhängigkeit auch von geringeren Gefühlsveränderungen in der Richtung der Spannung und der Erregung feststellen. Den Anfänger hindert besonders das kurz vor Abgabe des Schusses regelmäßig bemerkbar werdende »Zittern« am sicheren Treffen. Diese Erscheinung tritt auch dann noch auf, wenn das zunächst unwillkürliche Schließen der Augen gleichzeitig mit Abgabe des Schusses längst überwunden ist. Es stellt sich sogar bei geübten Schützen in geringer Intensität wieder ein, wenn nach längerer Pause zum ersten Male wieder geschossen wird. Die Oszillationen, welche das Korn der Waffe um das Zentrum der Scheibe während des Zielens ausführt, verdoppeln ihre Intensität, noch bevor der Stecher zwecks Abgabe des Schusses berührt wird. Ein Hauptteil der Einübung besteht gerade in ihrer Unterdrückung oder vielmehr in ihrem Ausbleiben auf Grund der Gewöhnung. Sobald die Steigerung der Spannung und Erregung, welche die Erwartung des unmittelbar folgenden Knalls mit sich bringt, nicht mehr bemerkbar ist, sind auch die stärkeren Oszillationen verschwunden. Dieselbe Erscheinung [1]) läßt sich noch in anderer Weise beobachten beim Schießen mit automatischen Handfeuerwaffen, welche die Abgabe mehrerer Schüsse (5—10) ohne irgendwelche störenden Manipulationen dazwischen gestatten, weil der Rückstoß zu ihrer automatischen Ausführung benutzt wird. Hier macht man die Beobachtung, daß von mehreren hintereinander auf dasselbe Ziel gefeuerten Schüssen die letzten regelmäßig besser treffen als die ersten. Man könnte das auf die schon oben herangezogene Steigerung der Funktionstüchtigkeit während Ausübung der Funktion zurückführen. Die Selbst-

[1]) Die hier gegebenen eigenen Beobachtungen sind uns von anderer Seite auf Grund hinreichender Erfahrung bestätigt.

beobachtung zeigt aber ganz deutlich, daß gerade die geringen Oszillationen bei den später abgegebenen Schüssen in demselben Maße wie die Spannung und Erregung abnehmen, die ebenfalls beim ersten Schuß einer solchen Serie am stärksten hervortritt. Die letzten Schüsse werden mehr »mechanisch« ohne die starke Anspannung der Aufmerksamkeit abgegeben, wie sie vor allem den ersten Schuß zu begleiten pflegt.

Kehren wir nun von diesem fernliegenden Gebiet zu unseren Ergebnissen, die noch psychologisch zu deuten sind, zurück, so finden wir für die zuletzt erwähnte Erscheinung ein unmittelbares Analogon in der Abnahme der Oszillationen des eigenen Nachtons gegenüber dem eigenen Vorton. Hier liegt freilich die Erklärung nahe, daß der zweite Ton deshalb einen konstanteren Verlauf nahm, weil es eben leichter sei, alle Schwankungen in der Tonhöhe zu unterdrücken, wenn der Ton kurz vorher schon gesungen sei, als wenn er ohne Vorgänger intoniert werden müsse. Dieser Erklärung steht aber zunächst die Tatsache entgegen, daß — wie die Tabellen zeigen — im Verlauf des einzelnen Tons die Schwankungen mit zunehmender Näherung an das Tonende absolut keine Abnahme erkennen lassen. Weiter schließt das starke Sinken der Schwankungskurve bei längeren Zwischenzeiten diese Art der Deutung aus.

Nun besteht allerdings zwischen der Abgabe mehrerer Schüsse nach demselben Ziel und dem Singen zweier Töne, von denen der letzte dem ersten möglichst gleichen soll, ein wesentlicher psychologischer Unterschied: Dort handelt es sich beim ersten wie beim zweiten Schuß um das Treffen eines von beiden Schüssen ganz unabhängigen Ziels. Hier dagegen ist die erste Tonhöhe gleichsam das Ziel selber, welches im zweiten Ton erreicht werden soll. Hier also handelt es sich um zwei ganz verschiedene psychische Akte, nämlich erstens um Einprägung und zweitens Reproduktion eines Tons; während dort beide Akte homogener Art waren. Es wird sich nur schwer sagen lassen, ob beim Singen mit dem Zweck der Einprägung oder mit dem Zweck der Reproduktion das in der Richtung der Erregung liegende Gefühl lebhafter ist. Auf jeden Fall aber besteht ein Unterschied der subjektiven Bewußtseinsbeschaffenheit in beiden Fällen darin, daß der Zustand der Spannung, welcher mit Einsatz des ersten Tons beginnt,

einem Zustande der Lösung mit Beginn des zweiten Tons weicht. Ob diese Gefühlsänderung in beiden Fällen den Unterschied in der Intensität der Tonschwankungen erklärlich macht, so daß die Verringerung der Schwankungen beim Nachton gegenüber den Schwankungen des eigenen Vortons durch den Übergang des Spannungsgefühls in sein Gegenteil bedingt wäre, wollen wir zunächst dahingestellt sein lassen, um die anderen in Frage stehenden Fälle zu diskutieren. Hier ist also noch zu erklären: 1. der Anstieg und darauffolgende beträchtliche Abfall der Tonschwankungen des einem fremden Vorton nachgesungenen Stimmklangs mit steigender Zwischenzeit und 2. die Mittelstellung des Nachtons nach fremdem Vorton mitten zwischen eigenem Vorton und eigenem Nachton rücksichtlich der Größe der Tonschwankungen bei 3″ konstanter Zwischenzeit.

Beide Tatbestände wurden zwar an verschiedenen Versuchspersonen beobachtet. Da aber die Zahl der abgezählten Einzelmessungen genügt, um ein zufälliges Abweichen in der Stärke auszuschließen — und da die Ergebnisse bei den drei Beobachtern jedesmal hinreichende Übereinstimmung zeigen, so können wir beide Ergebnisse als allgemeine Gesetzmäßigkeiten gemeinschaftlich behandeln.

Geht man auf den Kurven für die Tonschwankungen der drei Beobachter im 1. Semester von 3″ Zwischenzeit auf kürzere Zwischenzeiten zurück, so zeigt sich bei 2 und 1 Sekunden ein beträchtliches Sinken der Kurven gegenüber ihrer Höhe bei 3″ Zwischenzeit. Damit stimmt gut überein die kleine Schwankungsgröße der Beobachter des 2. Semesters bei 3″ Zwischenzeit und eigenem Vorton gegenüber der Schwankungsgröße bei 3″ Zwischenzeit, aber fremdem Vorsingen. — Wir hatten ja gesehen, daß eigenes Vorsingen die Tonwiedergabe begünstigte, also hinsichtlich der Tonwiedergabe ähnlich wirkte wie das Herabgehen von 3″ auf kürzere Zwischenzeiten. Hinsichtlich der Tonschwankungen finden wir nun ebenfalls parallel in beiden Fällen — sowohl bei Herabgehen von 3″ auf kürzere Zwischenzeit, aber Beibehalten des fremden Vortons — als auch bei Übergang zu eigenem Vorton, aber Beibehaltung der 3″ Zwischenzeit — eine Abnahme der Tonschwankungen. — Von drei Sekunden an zeigten sich nun jene »Korrekturen« während des Tonverlaufs, die wir auf ein Überwiegen der anregenden Wirkung der aktiven Betätigung gegenüber der assimilierenden Wirkung des

begonnenen Nachtons bei mittlerer Stärke der vom Vorton hinterlassenen Dispositionen zurückgeführt hatten. — Subjektiv zeigt sich in der Periode, in welcher die Funktionssteigerung durch Aktivität so stark wird, daß sie tatsächliche Korrekturen im Tonverlauf bewirkt, — soweit man sich auf die gerade bei so kleinen Unterscheidungen zur Suggestion neigende Selbstbeobachtung verlassen kann — zugleich ein Lebhafterwerden des mit der Aufmerksamkeit verbundenen Tätigkeitsgefühls. Bei dem Optimum der Zwischenzeiten von 1—2 Sekunden ist die Tätigkeit des Nachsingens ganz »mechanisch«, bei 3″ und eigenem Vorsingen auch. Bei fremdem Vorton und Zwischenzeiten, die das Optimum von 1—2″ überschreiten wächst dagegen das Tätigkeitsgefühl mit wachsenden Ansprüchen, die an die Aufmerksamkeit gestellt werden; um später, wenn die Dispositionen des Vortons gegenüber der assimilierenden Wirkung des Nachtons so schwach geworden sind, das Korrekturen im Tonverlauf nicht mehr vorkommen, wieder »abzuflauen«. Im wesentlichen denselben Verlauf zeigen aber die Kurven der Tonschwankungen für die Beobachter B. und P. Hier scheint sich also Verstärkung des erregenden und spannenden Charakter tragenden Tätigkeitsgefühls mit Vergrößerung der Tetanusoszillationen, welche die Änderung der Tonschwankungen bedingen, zu verbinden. Ebenso ist die Vergrößerung der Tonschwankungen beim Nachton nach fremdem Vorton und 3″ Zwischenzeit gegenüber denen des Nachtons nach eigenem Vorton zu erklären. Daß diese Vergrößerung die Größe der Tonschwankungen des eigenen Vortons nicht erreicht, würde dem mit der Absicht der Einprägung und dem Bewußtsein der bevorstehenden Reproduktion nach 3″ verbundenen starken Spannungsgefühl des eigenen Vortons zuzuschreiben sein. Mit diesem Erklärungsversuch der Tonschwankungen stimmt auch der Verlauf der Tonschwankungskurve von R., den wir bisher erst flüchtig gestreift hatten, gut überein: Hier tritt das absolute Maximum, das für B. bei zehn Sekunden für P. bei sieben Sekunden Zwischenzeit lag, schon bei drei und vier Sekunden ein. Leider kommen bei diesem Beobachter Korrekturen, wie erwähnt, überhaupt nicht vor. Aber an der Größe seiner Fehler und an dem raschen Ansteigen derselben sieht man, daß die Periode der Korrekturen — wenn die früher gegebene Erklärung für dieselbe richtig ist, viel weiter nach

der Seite kürzerer Zwischenzeiten rücken müßte als bei P. und B. Denn die Schwächung der Dispositionen durch die Zwischenzeit ist bei R. nach den früheren Tabellen viel wirksamer als bei P. und B. Es ist danach sehr wahrscheinlich, daß die Periode der Korrekturen, die bei B. von 4—15 Sekunden und bei P. von 3—15 Sekunden reicht, bei R. nur etwa bis 5 oder 7 Sekunden reichen, also um 4″ herum liegen würde, wo tatsächlich das Maximum der Tonschwankungen eintritt. —

Mit dieser Feststellung ist der Versuch, die Veränderungen in der Größe der Tonschwankungen auf Einwirkung der subjektiven Seite des Bewußtseins zurückzuführen, beendet. Wir haben das Kleinerwerden der Tonschwankungen beim Nachton gegenüber dem eigenen Vorton auf das Spannungsgefühl beim Vorton, das bei Beginn des Nachtons in Lösung übergeht, zurückgeführt, dagegen das Ansteigen und spätere Abfallen der Schwankungsgröße mit steigender Zwischenzeit sowie das Kleinerwerden der Schwankungen des Nachtons bei drei Sekunden Zwischenzeit und eigenem Vorton gegenüber dem Nachton bei drei Sekunden Zwischenzeit und fremdem Vorton durch das mit stärkerer Aufmerksamkeitsspannung verbundene Tätigkeitsgefühl, das wegen seiner Spannungs- und Erregungskomponente ebenso wie das Spannungsgefühl vergrößernd auf die Kontraktionsschwankungen der Muskeln einwirke, zu begründen gesucht. Diese Ableitungen finden, wie wir sahen, eine Stütze an gewissen Erfahrungen des täglichen Lebens, wonach ebenfalls gerade die in der Richtung der Spannung und der Erregung liegenden Gefühle und Affekte einen starken Einfluß auf die Oszillationen in den dauernd kontrahierten Muskeln auszuüben scheinen. —

Wir geben aber zu, daß die gewonnenen Ergebnisse nicht ausreichen um auf diese Deutung eine Theorie aufzubauen. Dazu müßte das hier nur nebenbei gefundene Problem systematisch durch Experimente durchgeprüft werden. — Vor allem ist es erstaunlich, daß jedenfalls doch nur geringe Gefühlsschwankungen (die Richtigkeit unserer Theorie vorausgesetzt) so starke Veränderungen hervorrufen können.[1])

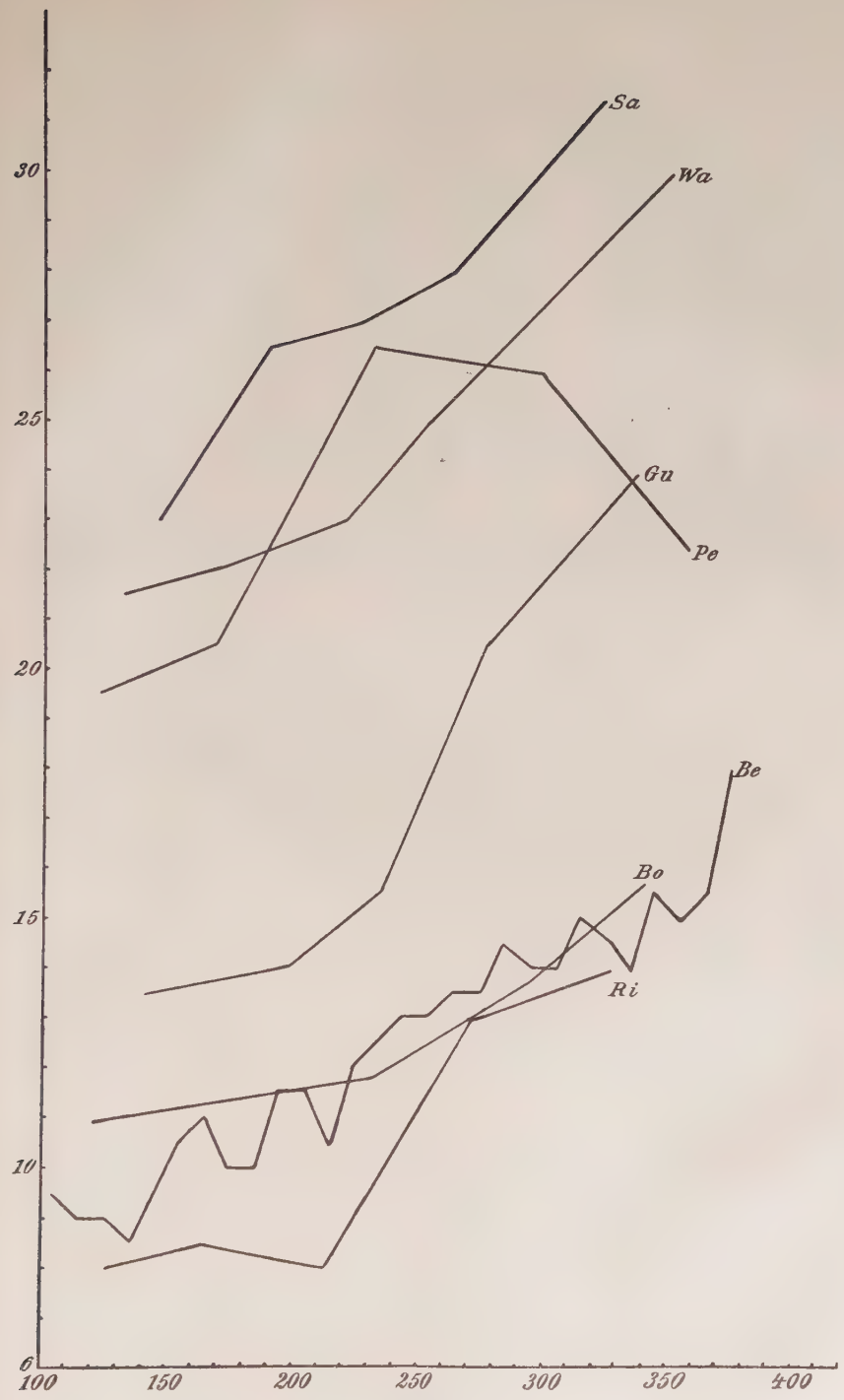
Eine Schwierigkeit findet die gegebene Erklärung in der Konstanz

[1]) Wenn die Rückführung der Tonschwankungsvariationen auf Gefühlskomponenten der Spannung und Erregung richtig ist, so wäre zu erwarten, daß in den Versuchen Camerons unmittelbar nach dem Fußstampfen die Schwankungen vergrößert wären.

der Schwankungen nach ihrer Stelle im Tonverlauf. Diese Schwierigkeit wird sich aber jeder Theorie entgegenstellen. Außerdem steht der Annahme, daß sich die einschlägigen Gefühle bei einer größeren Anzahl von Tönen einigermaßen gleichmäßig über den Tonverlauf verteilten nichts im Wege. Der Tonanfang braucht nicht ausgezeichnet zu sein, weil die Einstellung des Kehlkopfs auf die Tonhöhe bereits vor der Intonation erfolgt — und weil die Korrekturen beweisen, daß die Aufmerksamkeit im Tonverlauf unter Umständen besser funktioniert als am Anfang — daß man also kein durchgängiges Nachlassen der Aufmerksamkeit während der zwei Sekunden, in denen der Ton gesungen wird, anzunehmen braucht. Aus den Einzelmessungen der jedenfalls von lebhaftem Gefühlswechsel begleiteten Korrekturen, die in Tabelle Ia einzeln wiedergegeben sind, lassen sich wegen ihrer geringen Anzahl keine bestimmten Schlüsse ziehen.

e) Abhängigkeit der Schwankungen von der Tonhöhe.

Zum Schluß sei die Tabelle XIII, veranschaulicht durch Figur 4, vorgelegt, welche in der schon bekannten Weise den Verlauf der Schwankungsgröße mit Ansteigen der Tonhöhe in fünf Höhenabschnitten bringt. Von den Beobachtern des 1. Semesters, von denen ja nur Töne nachgesungen wurden, sind diese — von den Beobachtern des 2. Semesters jedoch nur die vorgesungenen Töne wegen der bei ihnen herrschenden Konformität der Bedingungen berücksichtigt. *DM* (durchschnittliche Modulation) bedeutet die durchschnittliche Größe der betreffenden Tonschwankung. Statt des zusammengefaßten Tonhöhengebiets ist hier unter *MT* die mittlere Tonhöhe dieses Gebiets bei Berücksichtigung aller darin liegenden Versuche angegeben. Figur 4 enthält außer den Kurven der Tabelle XIII auch die Kurve für die Tonschwankungen der vom Verfasser dieser Arbeit in zwei Semestern vorgesungenen Töne. Wegen der durch große Anzahl und Konformität der Bedingungen zu erklärenden verhältnismäßig großen Regelmäßigkeit, welche diese Kurve schon bei Abstufungen von zehn zu zehn Schwingungen zeigt, ist sie nicht in den gröberen Abstufungen nach fünf Tongebieten der Tabelle XIII, sondern in Abstufungen von zehn zu zehn Schwingungen gegeben. Die Zahlen an der Abszisse geben die Tonhöhe in Schwingungen, die an der Ordinate die Größe der Tonschwankungen ebenfalls in Schwingungen an, die aber bei B. mit zehn, bei den übrigen



Figur 4.

Tabelle XIII.

Beobachter: B., R., P.; G., S., W.

	Bo.			Ri.			Pe.	
MT	Zahl	*DM*	*MT*	Zahl	*DM*	*MT*	Zahl	*DM*
120	620	1,09	125	640	0,16	122	740	0,39
172	660	1,13	164	540	0,17	170	700	0,41
233	640	1,18	213	520	0,16	234	680	0,53
297	720	1,27	273	600	0,26	300	600	0,52
342	600	1,47	326	540	0,28	348	796	0,45
	Gu.			Sa.			Wa.	
MT	Zahl	*DM*	*MT*	Zahl	*DM*	*MT*	Zahl	*DM*
140	820	0,27	145	1220	0,46	132	820	0,43
198	880	0,28	190	1240	0,53	170	1120	0,44
236	820	0,31	225	1160	0,54	221	1160	0,46
268	920	0,41	264	1020	0,58	254	1120	0,50
327	820	0,48	324	960	0,63	346	980	0,60

Die Kolumne *DM* enthält die mittlere Abweichung aller Einzelstadien vom Tondurchschnitt für fünf Tongebiete innerhalb des Stimmumfangs, deren mittlere Tonhöhe unter *MT* angegeben ist. — Vgl. die Kurven Fig. 4.

mit 50 multipliziert sind. Da bei membranösen Zungen die Tonhöhe in Schwingungszahlen proportional ist der Wurzel aus der Spannung, so wäre es leicht, die für die verschiedenen Tonhöhen gefundenen und ebenfalls in Tonhöhenschwankungen ausgedrückten Größenwerte wiederum als Spannungsschwankungen auf die Stärke der Spannung zu beziehen. Aber wenn auch die Tonerhöhung durch stärkeres Anblasen, welche bei membranösen Zungen, wie es die Stimmbänder sind, ebenfalls infolge der Vergrößerung der mittleren Spannung bei größerer Amplitude in Betracht kommt, durch möglichst gleichmäßig lautes Singen vermieden wurde, so kommen beim Stimmklang als wesentlich komplizierende Faktoren hinzu: [1])

1. Tonerhöhung mittels Verkürzung der schwingenden Teile der Stimmbänder durch Aneinanderlegen der Gießkannenknorpel mit ihren inneren Flächen,

2. Tonhöhenänderung durch Verlängerung der Gestalt des Kehlkopfs, erzeugt durch verschiedene Tätigkeit gewisser Teile des M. vocalis und die davon abhängige Verschmälerung oder Verbreiterung der schwingenden Ränder.

Nun sind hierzu zwar auch Muskelkontraktionen erforderlich, aber das angeführte einfache Gesetz gilt für sie nicht mehr.

[1]) Tigerstedt, a. a. O. S. 67 (nach Grützner).

Aus der Verschiedenheit des Grades, in welchem die Faktoren bei der Tonhöhenbemessung tätig sind, erklärt sich wohl auch die ziemlich abweichende Gestalt der Kurven in Figur 4 untereinander, in denen irgend ein wesentlicher Einfluß des Einsetzens der Kopfstimme, welche die weitere Tonerhöhung in erster Linie durch Verschmälerung der schwingenden Ränder der Stimmbänder erzielt, nicht bemerkbar ist. Besonders auffallend ist das starke Sinken der Kurve von P. schon von 200 Schwingungen an, obgleich gerade dieser Beobachter über den größten Stimmumfang verfügte, man also ein möglichst stetiges Fortlaufen seiner Kurve erwarten sollte. Sonst weichen die Kurven nicht allzusehr vom gradlinigen Verlauf und stimmen dadurch einigermaßen mit dem Resultat Klünders, daß die in Prozenten der Schwingungszahlen ausgedrückten Tonschwankungen mit steigender Tonhöhe konstant blieben. Die gerade Linie würde ja auch die Konstanz des Quotienten: (Spannungsschwankung durch Spannung) zum Ausdruck bringen.

Übrigens werden die Faktoren noch dadurch kompliziert, daß nach den obigen Ausführungen eine vergrößernde Wirkung der hohen Töne auf die Schwankung wegen der von ihnen hervorgerufenen Gefühle erregenden Charakters nicht ausgeschlossen erscheint.

Zusammenstellung der Versuchsergebnisse.

1. Die Genauigkeit im Nachsingen eines fremden Stimmklangs nimmt mit steigenden Zwischenzeiten von 1—30 Sekunden ziemlich regelmäßig ab. Sie ist am größten bei ein und zwei Sekunden. Die hier gefundenen Werte des variablen mittleren Fehlers betragen bei zwei Beobachtern nur 0,5 und 0,6 Schwingungen.

2. Der mittlere variable Fehler wächst mit steigender Zwischenzeit bei demjenigen Beobachter am raschesten, bei welchem seine Gesamtbeträge am größten sind.

3. Die vom Beobachter selbst vorgesungenen Töne werden genauer nachgesungen als die von einem Fremden vorgesungenen Töne. (Zwischenzeit drei Sekunden.)

4. Diese Zunahme der Präzision bezieht sich hauptsächlich auf ein Kleinerwerden des konstanten Fehlers, der beim Nachsingen von fremden Vortönen an den Grenzen des Stimmumfangs die Tendenz zur Angleichung an die Mittellage zum Ausdruck bringt.

5. Beim Nachsingen des eigenen Vortons nach drei Sekunden Zwischenzeit wirkt Vokalwechsel nachteilig auf die Präzision des Nachsingens. Besonders macht sich beim Vorton *u* und Nachton *i* eine Tendenz zur Vertiefung, beim Vorton *i* und Nachton *u* eine Tendenz zur Erhöhung des Nachtons geltend.

6. Beim Nachsingen eines fremden Vortons sinkt der in Schwingungszahlen ausgedrückte variable mittlere Fehler mit steigender Tonhöhe, während der in Prozenten der Schwingungszahlen ausgedrückte variable mittlere Fehler steigt.

7. Beim Nachsingen des eigenen Stimmklangs bleibt der in Schwingungszahlen ausgedrückte variable mittlere Fehler mit steigender Tonhöhe einigermaßen konstant. (Zwischenzeit drei Sekunden.)

8. Die Größe der Abweichungen der einzelnen (nach Zehntelsekunden abgemessenen) Tonstadien (ausgedrückt in Schwingungszahlen) vom Tondurchschnitt des Stimmklangs zeigt bei den in diesen Versuchen durchgeführten Variationen nach der Ordnungszahl der Tonstadien im Tonverlauf keine Änderung.

9. Nur in der ersten Zehntelsekunde wird regelmäßig zu tief gesungen.

10. Nach den Zwischenzeiten von 3—15 Sekunden tritt beim Nachsingen eines fremden Stimmklangs bei zwei Beobachtern bisweilen eine plötzliche Erhöhung oder Vertiefung im Tonverlauf vier bis zwölf Zehntelsekunden nach seinem Beginn auf (»Korrekturen«).

11. Der mittlere Betrag der Abweichungen der Einzelstadien im Tonverlauf vom Tondurchschnitt ist am größten im eigenen Vorton, kleiner im Nachton nach fremdem Vorton. Hier steigt er zunächst mit Zunahme der Zwischenzeiten, um dann wieder zu sinken, so zwar, daß das Maximum ungefähr mit der größten Häufigkeit der »Korrekturen« zusammenzufallen scheint. Am kleinsten ist der Betrag im Nachton nach eigenem Vorton.

12. Der Gesamtbetrag der Abweichungen ausgedrückt in Schwingungszahlen, wächst mit steigender Tonhöhe, so daß — von ziemlich starken Unregelmäßigkeiten bei den einzelnen Beobachtern abgesehen — die Größe der Abweichungen, ausgedrückt in Prozenten der Schwingungszahlen ungefähr konstant bleibt.

Druck von Breitkopf & Härtel, Leipzig.

Lebenslauf.

Ich, Franz Berlage, ev.-luth., Sohn des Pastors Franz Berlage, bin am 3. Juli 1880 zu Gnissau (Fürstentum Lübeck) geboren. Nach Absolvierung des humanistischen Gymnasiums in Jever (Herzogtum Oldenburg), das ich von Ostern 1891 bis Ostern 1900 besuchte, studierte ich zunächst in Erlangen drei Semester Theologie, dann in Berlin zwei Semester und in Leipzig vier Semester Jurisprudenz. Darauf wandte ich mich dem Studium der Mathematik und Naturwissenschaften zu, welchem ich in Göttingen und Heidelberg je ein Semester und in Leipzig sechs Semester oblag.

Zur Beschäftigung mit experimentell-psychologischen Fragen wurde ich durch das Kolleg von Wundt über Psychologie angeregt, das ich schon während meines juristischen Studiums in Leipzig hörte. Später war ich während der sechs Semester in Leipzig mit Ausnahme eines Sommersemesters Mitglied des Leipziger Psychologischen Instituts.